

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORLED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-165669

(P2000-165669A)

(43)公開日 平成12年6月16日(2000.6.16)

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 N 1/40

H 0 4 N 1/40 1 0 3 B

G 0 6 T 5/00

G 0 6 F 15/68 3 2 0 A

審査請求 未請求 請求項の数30

O L

(全30頁)

(21)出願番号 特願平11-237492
(22)出願日 平成11年8月24日(1999.8.24)
(31)優先権主張番号 特願平10-288834
(32)優先日 平成10年9月24日(1998.9.24)
(33)優先権主張国 日本(JP)

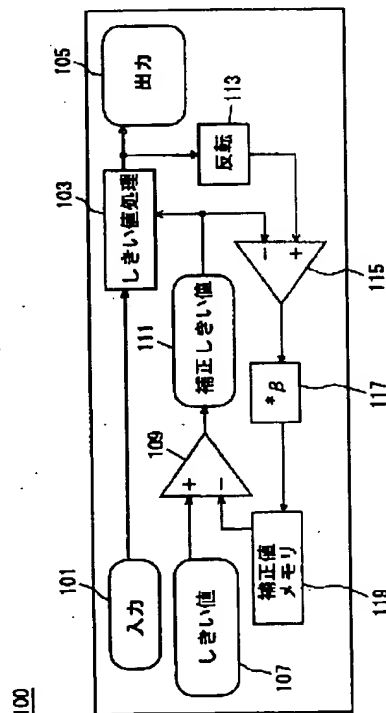
(71)出願人 000006079
ミノルタ株式会社
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル
(72)発明者 大島 誠二
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号大阪国
際ビル ミノルタ株式会社内
(72)発明者 山本 敏嗣
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号大阪国
際ビル ミノルタ株式会社内
(74)代理人 100064746
弁理士 深見 久郎 (外2名)

(54)【発明の名称】画像処理装置および画像処理方法

(57)【要約】

【課題】誤差拡散法における問題点を解決することが
できる画像作成装置を提供する。

【解決手段】入力された画素値を補正されたしきい値
 $Th(x)$ によりしきい値処理し、2値化された画素値
を出力する。その出力値から補正されたしきい値 Th
(x)を減算し、フィードバック係数 β を掛け合わせた
後、その周囲の画素のしきい値に拡散させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の階調数で各画素の濃度レベルを示す第 1 画像信号を、前記所定の階調数より少ない階調数の第 2 画像信号に変換する画像処理装置であって、各画素の第 1 画像信号を順次入力して、各画素の濃度レベルを所定のしきい値と比較し、第 2 画像信号に変換するコンバータと、前記コンバータから出力される第 2 画像信号の信号レベルと前記しきい値とに基づいて、続く画素の変換で用いられる前記所定のしきい値を補正するフィードバック回路とを備えた、画像処理装置。

【請求項 2】 前記フィードバック回路は、前記フィードバック回路におけるフィードバック値を制御する制御手段を備えた、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】 前記制御手段は、フィードバック係数を設定するフィードバック係数設定器を備えた、請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】 前記フィードバック係数設定器は、フィードバック係数を変更可能である、請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】 前記フィードバック係数設定器は、前記コンバータで変換される各画素の濃度レベルに応じて変化するフィードバック係数を設定する、請求項 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】 前記フィードバック係数設定器は、前記コンバータで変換される各画素の各濃度レベルとフィードバック係数との間の所定の関係に基づいて、フィードバック係数を算出する算出部と、前記算出部で用いられる所定の関係を変更する手段とを備えた、請求項 5 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】 前記フィードバック回路は、前記フィードバック回路によるフィードバック値を、続いて変換される複数の周辺画素に、各周辺画素ごとに設定された重みに応じて分散させる補正值メモリを備えた、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】 前記重みは変更可能である、請求項 7 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】 各画素の変換に対して変化する値を前記所定のしきい値として発生させるしきい値発生部をさらに備えた、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】 前記しきい値発生部は、変換する画素の位置に応じて前記所定のしきい値を変化させる、請求項 9 に記載の画像処理装置。

【請求項 11】 前記しきい値発生部は、変換する画素の濃度レベルに応じて前記所定のしきい値を変化させる、請求項 9 に記載の画像処理装置。

【請求項 12】 前記コンバータの前に設けられ、前記コンバータで変換される各画素の濃度レベルに所定の係数を乗算する乗算器をさらに備えた、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 13】 前記所定の係数は変更可能である、請求項 12 に記載の画像処理装置。

【請求項 14】 前記第 1 画像信号のレベルと、変換後の第 2 画像信号のレベルとの間の関係を示す階調特性を、前記所定のしきい値およびフィードバック係数の少なくとも 1 つを変更することにより調整する、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 15】 前記第 1 画像信号の最大レベルおよび最小レベルに対する階調特性を固定し、最大レベルと最小レベルとの間の中間レベルの階調特性を、前記所定のしきい値およびフィードバック係数の少なくとも 1 つを変更することにより調整する、請求項 14 に記載の画像処理装置。

【請求項 16】 前記画像処理装置内のいずれかの信号に、前記変換する第 1 画像信号とは関係のない信号成分を重畳する、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 17】 前記重畳する信号成分は、周期的なパターンを表わす、請求項 16 に記載の画像処理装置。

【請求項 18】 前記周期的なパターンは、分散型ディザパターン、集中型ディザパターン、ライン型パターンのいずれかである、請求項 17 に記載の画像処理装置。

【請求項 19】 前記重畳する信号成分は、ランダムノイズである、請求項 16 に記載の画像処理装置。

【請求項 20】 前記ランダムノイズは、ホワイトノイズ、ブルーノイズ、ピンクノイズのいずれかである、請求項 19 に記載の画像処理装置。

【請求項 21】 前記フィードバック回路は、前記コンバータから出力される第 2 画像信号の信号レベルの反転値と前記しきい値との差をフィードバックする、請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 22】 所定の階調数で各画素の濃度レベルを示す第 1 画像信号を、前記所定の階調数より少ない階調数の第 2 画像信号に変換する画像処理方法であって、各画素の第 1 画像信号を順次入力して、各画素の濃度レベルを所定のしきい値と比較し、第 2 画像信号に変換する変換ステップと、

前記変換ステップにより出力される第 2 画像信号の信号レベルと前記しきい値とに基づいて、続く画素の変換で用いられる前記所定のしきい値を補正するフィードバックステップとを備えた、画像処理方法。

【請求項 23】 前記フィードバックステップは、前記フィードバックステップにおけるフィードバック値を制御する制御ステップを含む、請求項 22 に記載の画像処理方法。

【請求項 24】 各画素の変換に対して変化する値を所定のしきい値として発生させるしきい値発生ステップをさらに備えた、請求項 22 に記載の画像処理方法。

【請求項 25】 前記第 1 画像信号のレベルと変換後の第 2 画像信号のレベルとの間の関係を示す階調特性を、前記所定のしきい値およびフィードバック係数の少なく

とも1つを変更することにより調整する、請求項22に記載の画像処理方法。

【請求項26】 前記第1画像信号の最大レベルおよび最小レベルに対する階調特性を固定し、最大レベルと最小レベルとの間の中間レベルの階調特性を、前記所定のしきい値およびフィードバック係数の少なくとも1つを変更することにより調整する、請求項25に記載の画像処理方法。

【請求項27】 所定の階調数で各画素の濃度レベルを示す第1画像信号を、前記所定の階調数より少ない階調数の第2画像信号に変換する画像処理装置であって、各画素の第1画像信号を順次入力して、第2画像信号の階調数に対応した区分に区分けする区分回路と、前記区分回路で区分けされた区分内で、前記入力した第1画像信号を正規化する正規化回路と、前記正規化回路で正規化された第1画像信号を順次入力して、各画素の信号レベルを所定のしきい値と比較するコンパレータと、前記コンパレータから出力される比較結果と前記所定のしきい値とに基づいて、続く画素の変換で用いられる前記所定のしきい値を補正するフィードバック回路と、前記コンパレータから出力される比較結果と前記区分回路で区分けされた区分に応じて、各画素に第2画像信号の階調レベルを割り当てる割り当て回路とを備えた、画像処理装置。

【請求項28】 前記フィードバック回路は、前記フィードバック回路におけるフィードバック値を制御する制御手段を備えた、請求項27に記載の画像処理装置。

【請求項29】 前記フィードバック回路は、前記フィードバック回路によるフィードバック値を、続いて変換される複数の周辺画素に、各周辺画素ごとに設定された重みに応じて分散させる補正值メモリを備えた、請求項27に記載の画像処理装置。

【請求項30】 各画素の変換に対して変化する値を所定のしきい値として発生させるしきい値発生部をさらに備えた、請求項27に記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は画像処理装置および画像処理方法に関し、特にしきい値を用いることによって階調を低減させた画像を作成することができる画像処理装置および画像処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 画像の取扱いをデジタルで行なうことが現在の画像処理の主流である。デジタル画像の表示や出力に際しては、出力デバイスの特性による制約などにより、その画像の階調性をより少ない階調レベルで表現する必要が生じる場合が多い。当初より、擬似ハーフトーン処理として白と黒のドットのみで階調を再現する2値化処理法など、さまざまなデジタルハーフトニングの

画像処理手法が研究されてきている。

【0003】 現在もなお用いられている組織的ディザ法や誤差拡散法、そしてそれらの系統のさまざまな手法が1960年代以降、開発され、改良されてきている。また、近年においては計算処理のハードウェアの発展につれ、コスト最小化の手法など直接的に画素配置の最適な探索を行なう方法等が開発されている。

【0004】 こういった各ハーフトニングの手法に対しては、各々その利用目的に応じて長所や短所があり、さまざまな課題とそれに対する対策が研究されている。たとえば組織的ディザ法は処理が簡単であり、使いやすいが、再現された画質は良好とはいえない。誤差拡散法はディザ法と比べて計算量は多くなるものの、画質は優れている。

【0005】 コスト最小化の手法など直接的に最適な探索を行なう方法においては、ニューラルネットワークや遺伝的アルゴリズム、シミュレーテッドアニーリングなどの各種最適化法が用いられている。これらの方法を採用することにより、視覚モデルや出力デバイスモデルなどもプロセスに取り入れやすく、処理の自由度が拡大する。しかしながら、反復的に演算し最適な状態を探索するため、計算量が膨大になるという課題がある。

【0006】 これらの課題は技術の進展とともに変化する。直接的に最適な探索を行なう方法を用いた場合における計算量が膨大になるという問題点は、計算処理速度を規定するハードウェアの進歩により解決されるかもしれない。しかし、簡便で高品質の出力デバイスの普及という点からは、より簡単な計算処理が望まれる。

【0007】 また、さらに共通の課題として、解像度と階調性のトレードオフの問題がある。これも出力デバイス自体の出力階調レベルの増加や解像度特性の向上により解決されるかもしれない。しかしながら、たとえば文字が画像として処理される機会の増大なども考えられ、できるだけ簡便にこれらの処理を行なうことが望まれている。

【0008】 従来より、たとえば階調性を要する画像領域と解像度を要する画像領域とを判別し、判別結果に応じてそれぞれの領域で処理方法を変える方法や、複数の処理方法を合体させて用いる方法などが画像処理の改良のための手段として研究されてきている。しかし、それらを実行するためには領域判別などの新たな処理を開発、付加する必要がある、簡便な方法とはいえない。ハード（出力デバイス）とのバランスから言うのであれば、できれば誤差拡散法程度の処理で解像度と階調性とを良好に保つという目的を達成したいものである。

【0009】 図66は、従来の誤差拡散法を実行する画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【0010】 図を参照して、画像処理装置は、多値画像の1つの画素の画素値を入力する入力部501と、入力された画素値から拡散された誤差を減算する減算器50

3と、減算器503の出力を補正された画素値として出力する出力部505と、出力部505の出力に対ししきい値処理を行ない2値データを形成するしきい値処理部507と、しきい値処理部507の出力を画素データとして出力する出力部509と、出力部505の出力をしきい値処理部507の出力から減算する減算部511と、減算部511からの出力結果を処理の対象となっている画素（注目画素）の周囲の画素に拡散させるための誤差メモリ513とから構成される。

【0011】誤差拡散法により作成される画像は、特有のテクスチャを有する。しかしブルーノイズ特性が指摘されているように、そのテクスチャは視覚的には目立ちにくい。ディザ法においてもより簡単にこのブルーノイズ特性を得られるようにディザパターンを設定する方法が研究されている。しかし、誤差拡散法は入力画像に対して適応的にドットパターンを生み出していくため、ディザ法よりも入力画像の特性を反映することができる。

【0012】その点で誤差拡散法は画質的にディザ法を上回るが、誤差拡散法特有のノイズもある。これは穏やかな階調変化領域においてテクスチャが変化することにより境界のない部分においても境界線があるように見えてしまう現象（テクスチャシフト）や、黒または白に近い階調の領域で白または黒のドットがライン状に並びやすくなる現象などである。

【0013】これらの現象を防ぐために誤差の拡散の重み係数やしきい値を変調させるなどの改良法が各種開発されている。また、解像度についてはその内在的なエッジ強調特性が指摘されているが、十分であるとは言えない。

【0014】さらに誤差拡散法はそのアルゴリズムからして入力画像の画素値を平均的に再現するように機能する。すなわち、画像の局所的な0次成分を再現するように機能する。それに対して、1次以上の成分を強調すべく誤差拡散法の改善が行なわれている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】この発明は上述した画像処理方法の欠点を解消し、画質を改善することができる画像処理装置および画像処理方法を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためこの発明のある局面に従うと、画像処理装置は、所定の階調数で各画素の濃度レベルを示す第1画像信号を、前記所定の階調数より少ない階調数の第2画像信号に変換する画像処理装置であって、各画素の第1画像信号を順次入力して、各画素の濃度レベルを所定のしきい値と比較し、第2画像信号に変換するコンバータと、コンバータから出力される第2画像信号の信号レベルと前記しきい値とに基づいて、続く画素の変換で用いられる前記所定のしきい値を補正するフィードバック回路とを備え

る。

【0017】好ましくはフィードバック回路は、フィードバック回路におけるフィードバック値を制御する制御手段を備える。

【0018】好ましくは制御手段は、フィードバック係数を設定するフィードバック係数設定器を備える。

【0019】好ましくはフィードバック係数設定器は、フィードバック係数を変更可能である。

【0020】好ましくはフィードバック係数設定器は、コンバータで変換される各画素の濃度レベルに応じて変化するフィードバック係数を設定する。

【0021】好ましくはフィードバック係数設定器は、コンバータで変換される各画素の各濃度レベルとフィードバック係数との間の所定の関係に基づいて、フィードバック係数を算出する算出部と、算出部で用いられる所定の関係を変更する手段とを備える。

【0022】好ましくはフィードバック回路は、フィードバック回路によるフィードバック値を、続いて変換される複数の周辺画素に、各周辺画素ごとに設定された重みに応じて分散させる補正值メモリを備える。

【0023】好ましくは補正值メモリの重みは変更可能とされる。好ましくは画像処理装置は、各画素の変換に対して変化する値を所定のしきい値として発生させるしきい値発生部をさらに備える。

【0024】好ましくはしきい値発生部は、変換する画素の位置に応じて所定のしきい値を変化させる。

【0025】好ましくはしきい値発生部は、変換する画素の濃度レベルに応じて所定のしきい値を変化させる。

【0026】好ましくは画像処理装置は、コンバータの前に設けられ、コンバータで変換される各画素の濃度レベルに所定の係数を乗算する乗算器をさらに備える。

【0027】好ましくは所定の係数は変更可能とされる。好ましくは画像処理装置は、第1画像信号のレベルと、変換後の第2画像信号のレベルとの間の関係を示す階調特性を、所定のしきい値およびフィードバック係数の少なくとも1つを変更することにより調整する。

【0028】好ましくは画像処理装置は、第1画像信号の最大レベルおよび最小レベルに対する階調特性を固定し、最大レベルと最小レベルとの間の中間レベルの階調特性を、所定のしきい値およびフィードバック係数の少なくとも1つを変更することにより調整する。

【0029】好ましくは画像処理装置は、画像処理装置内のいずれかの信号に、変換する第1画像信号とは関係のない信号成分を重畳する。

【0030】好ましくは重畳する信号成分は、周期的なパターンを表わす。好ましくは周期的なパターンは、分散型ディザパターン、集中型ディザパターン、ライン型パターンのいずれかである。

【0031】好ましくは重畳する信号成分は、ランダムノイズである。好ましくはランダムノイズは、ホワイト

7
ノイズ、ブルーノイズ、ピンクノイズのいずれかである。

【0032】好ましくはフィードバック回路は、コンバータから出力される第2画像信号の信号レベルの反転値としきい値との差をフィードバックする。

【0033】この発明の他の局面に従うと、画像処理方法は、所定の階調数で各画素の濃度レベルを示す第1画像信号を、所定の階調数より少ない階調数の第2画像信号に変換する画像処理方法であって、各画素の第1画像信号を順次入力して、各画素の濃度レベルを所定のしきい値と比較し、第2画像信号に変換する変換ステップと、変換ステップにより出力される第2画像信号の信号レベルとしきい値とに基づいて、続く画素の変換で用いられる所定のしきい値を補正するフィードバックステップとを備える。

【0034】好ましくはフィードバックステップは、フィードバックステップにおけるフィードバック値を制御する制御ステップを含む。

【0035】好ましくは画像処理方法は、各画素の変換に対して変化する値を所定のしきい値として発生させるしきい値発生ステップをさらに備える。

【0036】好ましくは画像処置方法は、第1画像信号のレベルと変換後の第2画像信号のレベルとの間の関係を示す階調特性を、所定のしきい値およびフィードバック係数の少なくとも1つを変更することにより調整する。

【0037】好ましくは画像処理方法は、第1画像信号の最大レベルおよび最小レベルに対する階調特性を固定し、最大レベルと最小レベルとの間の中間レベルの階調特性を、所定のしきい値およびフィードバック係数の少なくとも1つを変更することにより調整する。

【0038】この発明のさらに他の局面に従うと、画像処理装置は、所定の階調数で各画素の濃度レベルを示す第1画像信号を、所定の階調数より少ない階調数の第2画像信号に変換する画像処理装置であって、各画素の第1画像信号を順次入力して、第2画像信号の階調数に対応した区分に区分けする区分回路と、区分回路で区分けされた区分内で、入力した第1画像信号を正規化する正規化回路と、正規化回路で正規化された第1画像信号を順次入力して、各画素の信号レベルを所定のしきい値と比較するコンパレータと、コンパレータから出力される比較結果と所定のしきい値とに基づいて、続く画素の変換で用いられる所定のしきい値を補正するフィードバック回路と、コンパレータから出力される比較結果と区分回路で区分けされた区分に応じて、各画素に第2画像信号の階調レベルを割り当てる割り当て回路とを備える。

【0039】好ましくはフィードバック回路は、フィードバック回路におけるフィードバック値を制御する制御手段を備える。

【0040】好ましくはフィードバック回路は、フィー

ドバック回路によるフィードバック値を、続いて変換される複数の周辺画素に、各周辺画素ごとに設定された重みに応じて分散させる補正值メモリを備える。

【0041】好ましくは画像処理装置は、各画素の変換に対して変化する値を所定のしきい値として発生させるしきい値発生部をさらに備える。

【0042】

【発明の実施の形態】[第1の実施の形態]図1は、本発明の第1の実施の形態における画像作成装置の構成を示すブロック図である。この装置が実行する画像の2値化処理を「しきい値拡散法」と称する。尚、本件の図面において、通常の矩形で囲われた部分は何らかの演算処理を行う部分であり、丸角の矩形で囲われた部分は演算処理を行わず値を出力するだけの部分であることを示している。

【0043】図を参照して、画像作成装置は、イメージ(画素値)入力部101と、しきい値処理部103と、2値イメージ出力部105と、反転部113と、初期しきい値発生部107と、減算部109と、補正しきい値出力部111と、減算部115と、係数乗算部117と、補正值メモリ119とから構成される。

【0044】多値画像の1つの画素値(0~1)がイメージ入力部101に入力される。例えば256階調の多値画像 n (0~255)を扱う場合、イメージ入力部101には0~1に正規化された値($n/255$)が入力される。しきい値処理部103は、補正しきい値出力部111が出力する補正しきい値 $Th(x)$ と、イメージ入力部101に入力された画素値とを比較する。画素値 \geq 補正しきい値 $Th(x)$ であれば、しきい値処理部103は“1”を出力し、画素値 $<$ 補正しきい値 $Th(x)$ であれば、しきい値処理部103は、“0”を出力する。これにより、2値イメージ出力部105は、“0”または“1”の2値のイメージを出力する。

【0045】初期しきい値発生部107は、補正前の初期しきい値 $Th(x)$ を出力する。補正前の初期しきい値 $Th(x)$ は、一定値でもよいし、ディザパターンとなるように画素の位置に応じて変化させるようにしてもよい。

【0046】減算器109は、処理の対象となっている画素(注目画素)に対応する補正值メモリ119に記憶された補正值を読み出し、その補正值を初期しきい値 $Th(x)$ から減算する。その結果が補正しきい値 $Th(x)$ とされる。

【0047】反転部113は、しきい値処理部103の出力を反転させる。すなわち、しきい値処理部103の出力が“0”であれば“1”を、“1”であれば“0”を反転部113は出力する。

【0048】減算部115は、反転部113の出力から補正しきい値 $Th(x)$ を減算し、出力する。係数乗算部117は、減算部115の出力に対し、0~1の間で

設定されるフィードバック係数 β を掛け合わせ、出力する。なお $\beta=0$ とすることは、しきい値拡散を行わないことを意味する。

【0049】補正值メモリ119は、処理の対象となっている画素の周辺画素に対するしきい値の補正值に、係数乗算部117の出力結果を分散させるためのメモリである。図2を参照して、処理の対象となっている画素を白丸で示すと、その周辺画素に対するしきい値の補正值に係数乗算部117の出力結果が1~32の比率(重み係数)で振り分けられて記憶される。

【0050】図2に示されるように係数乗算部117の出力結果の配分対象とする画素の数を通常の誤差拡散法と比べて多くしているのは、配分の重み係数の種類を増やして配分される値の単調さをなくすためである。すなわち、誤差拡散法においては多様に变化する入力値(画素値)に対して拡散処理を行うのに対して、しきい値拡散法においては一定または一定に近いしきい値に対して拡散処理を行う場合が多いからである。補正前の初期しきい値が一定値ではなく、多様に变化する値をとる場合には、配分対象の画素数を減らすようにしてもよい。

【0051】なお、誤差拡散法を用いた画像処理装置のブロック図(図66)と比較して、しきい値拡散法を用いた装置においては出力をフィードバックするに際して、反転部113で反転処理を行なっている。これは出力結果が入力値の側から見た出力であるため、それをしきい値の側から見た出力に変えるための処理である。

【0052】また、しきい値へのフィードバックに際して係数乗算部117においてフィードバック係数 β を掛けているが、これは以下で述べるようにフィードバック係数 β を掛けなければ平均的にしきい値を再現するようにしか機能しないしきい値拡散法において、平均的に入力値を再現するように働かせるための処理である。

【0053】以下にフィードバック係数 β を変更した場合の出力画像について説明する。図9~図11はそれぞれフィードバック係数 β を1, 0, 0.5としてしきい値拡散法による2値化を行なった画像サンプルを示す図である。初期しきい値は中央値である0.5で一定とした。図9に示されるフィードバック係数 $\beta=1$ の場合においては、白と黒とのドットが画像の全面にわたりほぼ均一に半々の密度となるように分布しており、しきい値すなわち50%の濃度値が再現されている。微細構造としては入力画像のエッジ部分だけが強調され、全体的にはフラットで輪郭だけが再現されている。すなわち、入力画像の局所的な1次成分は出力画像に再現されるが、入力画像の局所的な0次成分は再現されず、代りにしきい値が再現される。尚、画像は局所的な0次成分(低周波成分)と局所的な1次以上の成分(高周波成分)とからなっている。

【0054】一方、図10に示されるようにフィードバック係数 $\beta=0$ とすると、しきい値拡散を行なわないこ

とに相当するため、単にしきい値(0.5)で入力値の大小を判別し、2値化しただけの画像となる。

【0055】図11に示されるようにフィードバック係数 β を1と0の中間値の0.5と設定すると、図9の画像と図10の画像の中間の画像となる。このサンプル画像を見てわかるように、フィードバック係数 β を0.5に設定すると、しきい値ではなく入力画像の局所的な0次成分が再現されるようになる。もちろん、入力画像の局所的な1次以上の成分も再現されている。

【0056】しきい値拡散法において局所的な0次成分として入力値が反映される仕組みを、入力値と初期しきい値と出力値との関係を示す図15~図18を用いて説明する。参考までに、図12~図14に、誤差拡散法を用いたときの入力値としきい値と出力値との関係を示す。

【0057】各々の図は原点を0として、3次元空間で入力値 I_m 、初期しきい値 T_h に対する出力値 $O_u t$ をハッチングされた面により表示している。もちろん本来の出力は $\max("1")$ と $\min("0")$ の2値しかとりえないので、出力値 $O_u t$ は平均的な再現値つまり局所的なドット密度を示している。

【0058】また、初期しきい値 T_h を中央値で一定とした場合の入力値 I_m に対する出力値 $O_u t$ を各3次元空間上に線で示した。また、図18は、初期しきい値 T_h を中央値で一定とした場合の入力値 I_m と出力値 $O_u t$ との関係を2次元グラフ上で示したものである。

【0059】図15に示されるフィードバック係数 $\beta=0$ の場合はしきい値拡散を行なわないことを示している。図16に示されるフィードバック係数 $\beta=1$ の場合においては、出力 $O_u t$ は初期しきい値 T_h のみに依存することになる。すなわち、初期しきい値 T_h が一定であれば出力値 $O_u t$ も一定となる。従って、しきい値拡散法においては、フィードバック係数 β を0と1との中間とすることが重要である。

【0060】フィードバック係数 β が0から1に変化するにつれて出力値 $O_u t$ の関数面は傾いていき、フィードバック係数 $\beta=0.5$ においては、図17に示されるように入力値 I_m と初期しきい値 T_h との両方の軸方向に対して傾きを持つようになる。すなわち、この場合において出力値 $O_u t$ は入力値 I_m と初期しきい値 T_h との両方に依存する。従って、 β を0.5に設定することによって、しきい値拡散法のアルゴリズムにより微細構造としては入力画像の局所的な1次以上の成分を反映しながら、さらに、入力画像の局所的な0次成分をも再現できるということになるのである。

【0061】平均的に入力値 I_m を再現可能にするためにはフィードバック係数 β の設定が重要であることは上に述べた通りだが、図からもわかるように通常はフィードバック係数 $\beta=0.5$ 近辺が適当であるということになる。しかしながら、これは条件によって変化する。す

なわち、フィードバック係数 $\beta = 0.5$ が妥当であるのは、例に示したように初期しきい値が中央値で一定あるいは一定に近い場合のみであって、初期しきい値が異なる場合には最適なフィードバック係数 β の値は変化する。

【0062】たとえば、図1-9に示されるように初期しきい値 $Th(x)$ が入力値のような他の要素で変調されるようにすることも可能である。この場合入力値に対する依存の程度によってフィードバック係数 β は変わってくる。図15～図17から推察すると、入力値 Im に対して負に依存する程度が大きくなるに従い、出力関数面は立っていき、最適なフィードバック係数 β は0に近づいていく。また、入力値に対して正に依存する程度が大きくなるに従い、出力関数面は寝ていき、最適なフィードバック係数 β は1に近づいていく。従って初期しきい値は何であってよいが、それに応じてフィードバック係数 β の設定を変えていく必要がある。

【0063】このようにして出力関数面の特性を生かすようにフィードバック係数 β を設定することにより、しきい値拡散法は入力値の局所的な1次以上の成分、すなわち高周波成分を優先して再現するように機能しながら、局所的な0次成分、すなわち低周波成分の再現も行なうことができる。

【0064】尚、図12から図14は誤差拡散法における3者の関係を示しており、図12の $\beta = 0$ とは誤差拡散を実施しない場合を示している。すなわち、図12においては単純なしきい値による2値化が行なわれている。図13の $\beta = 1$ とは、通常の誤差拡散法を実施することに相当している。出力値 Out は入力値 Im を反映している。誤差拡散法の場合、 β を0と1との中間にしても、出力関数は入力値がしきい値に近い部分で入力値を反映し、入力値が max と min に近い部分においては単純な2値化が行われるだけで大した意味を持たない。すなわち、誤差拡散法においては、 β を0と1の中間にしてもそれは単なる不十分な誤差拡散となるだけである。

【0065】以下に、誤差拡散法との比較によりしきい値拡散法の作用・効果を示す。図66に示される誤差拡散法を用いた画像処理装置と図1に示されるしきい値拡散法を用いた装置とを比較してわかるように、誤差拡散法では入力された画素値と出力との差を入力へフィードバックしているのに対して、しきい値拡散法ではしきい値と出力との差をしきい値へフィードバックしている点で大きく異なっている。すなわち、出力との差を演算する対象及び差をフィードバックする対象が、誤差拡散法では入力値（入力された画素値）であるのに対して、しきい値拡散法ではしきい値となっている。尚、しきい値拡散法においても、そのフィードバックアルゴリズムにより誤差拡散法と同様のテクスチャ（ブルーノイズ特性）を得ることができる。

【0066】図3に 4×4 画素のfat-typeパターンによる組織的ディザ法を用いたハーフトーン処理結果を示し、図4に誤差拡散法を用いたハーフトーン処理結果を示し、図5に初期しきい値 $Th(x)$ として一定値を用いた場合のしきい値拡散法（フィードバック係数 $\beta = 0.5$ ）によるハーフトーン処理結果を示す。

【0067】組織的ディザ法を採用した場合には階調性、および解像度とも最も悪くなる。誤差拡散法を用いた場合にはディザ法と比べて階調性および解像度とも良好になる。しかしながら、しきい値拡散法を用いた場合には特に解像度において誤差拡散法を上回る。階調性、およびテクスチャについてしきい値拡散法ではほぼ誤差拡散法と同等の結果が得られる。特にしきい値拡散法においても、誤差拡散法と同様にテクスチャシフトの発生が見られる。ただし、誤差拡散法では発生している黒または白地に近い領域でドットがライン状に並ぶ欠点は、しきい値拡散法においては発生しない。

【0068】図6は、初期しきい値 $Th(x)$ として 4×4 画素のfat-typeのディザパターンを用いたしきい値拡散法（フィードバック係数 $\beta = 0.5$ ）によるハーフトーン処理結果を示し、図7はしきい値として 4×4 画素のfat-typeパターンをモデファイした誤差拡散法によるハーフトーン処理結果を示し、図8はエッジ強調を伴った誤差拡散法を用いたハーフトーン処理結果を示している。

【0069】しきい値拡散法において初期しきい値 $Th(x)$ としてディザパターンを用いることにより、テクスチャシフトの改善が見られる。誤差拡散法でも同様の改善が行われている。しかしながら、しきい値拡散法においてはこの改善により解像度など他の特性に悪影響を与えることがなく、しきい値拡散法は依然として誤差拡散法に対して優れている。エッジ強調を伴った誤差拡散法を用いることにより、やはり解像度の向上が見られる。しかしながらこの場合においても平均的な入力値の再現という誤差拡散法の本質的な機能に制約されることから、特に低コントラストの細い線などでは十分な再現性を得られない。

【0070】しきい値拡散法による2値化処理の出力画像品質の特徴については既に述べたとおりである。そういった画像品質を生み出すプロセスについて誤差拡散法と比較して説明する。

【0071】誤差拡散法が入力値を最大に利用して、つまり出力と入力の誤差を入力にフィードバックするというプロセスを用いて適応的にドット配置を決めていく方法で入力値を反映させた画像を作るのに対して、しきい値拡散法では直接的には入力値をフィードバックに関与させない。しきい値拡散法においては入力値は出力値を決めるための比較に用いられるだけである。すなわち出力のオン（“1”）またはオフ（“0”）はフィードバックされるが、入力値そのものはフィードバックのプロ

セスには入り込まない。

【0072】ところが、しきい値拡散法においては、前述したようにフィードバック係数 β を適切な値に設定することにより、出力結果に入力値を反映し、すなわち入力画像の階調性を再現することができるのである。

【0073】また、誤差拡散法はその本質として局所的には入力値を平均的に再現するように機能するが、しきい値拡散法においてはそれが無い。これも入力画像の再現には一見不利のように見えるが、逆に言えば入力値に拘束されにくいということでもある。

【0074】この入力値の平均的な再現という誤差拡散法の機能が逆に制約となって働くケースを説明する。たとえば白いバックグラウンドに対してグレーの、すなわち低コントラストの細い線が存在するような場合を想定する。この場合グレーであるからその度合いに応じてドット密度が決まることになる。仮に50%のグレーとすると、白と黒とのドットが平均的に半分ずつ存在しなければならない。すると、細い線であるからその線を構成するドットの半分の白くすると、極端な場合には実線が点線のように見えかねない。すなわち黒いドットを増やして周囲に白いドットを負担してほしいところであるが、周囲はもともと白地であるから周囲にそれ以上の白いドットを配分することができない。すなわちグレーの細い線の濃度を平均的に再現するため線としての特性を破壊してしまうこともあり得る。

【0075】こういった場合は線のグレーレベルをある程度無視してでも線の特性、つまり低コントラストのエッジ特性を再現するようにした方がよい。誤差拡散法の機能は局所的な0次成分（低周波成分）の再現を優先する。しかしながら、その画像の性質によっては局所的な1次以上の成分（高周波成分）を優先した方が望ましい場合もあり、たとえば局所的に比較的微小な凹凸が存在するような部分では0次成分すなわち平均的なレベルの再現よりも1次以上の成分すなわち凹凸の再現を優先する方が望ましい。もちろん、なだらかな階調部分では0次成分が再現されてもよい。

【0076】一方、前述したように、しきい値拡散法においては局所的な1次以上の成分の再現に重きが置かれる。従って、誤差拡散法の機能が制約となって働く前述した白いバックグラウンドに対してグレーの細い線が存在するケースに対しても、局所的な1次以上の成分の再現に重きが置かれるしきい値拡散法では、線のエッジ特性が再現されるため良好な結果を得ることができるのである。

【0077】図23は、しきい値拡散法による具体的な演算例を説明するための図である。図を参照して、減算部109、115と、しきい値処理部103と、係数乗算部117と、反転部113とによって、装置内の数値がどのように変化することが示されている。

【0078】具体的には、初期しきい値（しきい値 t

h)、入力値（入力）、および係数 β に対して、減算部109の出力（補正しきい値Mod th）と、しきい値処理部103の出力と、反転部113の出力（反転出力）と、減算部115の出力（FB）と、係数乗算部117の出力（FB $\times\beta$ ）とがどのように変化することが示されている。ここに、角谷繁明「誤差拡散法の高画質化技術」日本写真学会誌60巻6号pp. 353~356に倣って、しきい値拡散の助走区間を概算する。

【0079】ひとつの階調が出力の最大値に対して1/255（=0.00392）のとき、しきい値が1方向に1次元的に拡散されるとすると、図23の計算例からわかるように、補正しきい値（Mod th）は1ステップごとに半減していく。補正しきい値が最大値に対して1/255に達するのは、わずかに8ステップ目である。これは望ましい助走区間（ $(255)^{1/2}/2 \approx 8$ ）とほぼ等しい。誤差拡散法の場合は、128ステップ後であるから、しきい値拡散法は誤差拡散法に比べ大変有利である。ただし、実際には2次元的にしきい値は拡散されるため、1方向に1次元的に拡散する場合に比べて助走の期間は長くなる。

【0080】次に、具体的な画像処理の結果について説明する。図24は、処理の対象となる画像を示す図である。この画像は、0~255の256の階調を有する。画像中の黒色の部分は251/255の濃度を示す部分であり、中央の正方形の部分は4/255の濃度を示す部分である。また、2つの矢印で示される部分に、230/255の濃度のラインが引かれている。

【0081】上述の第1の実施の形態のしきい値拡散法を用いた画像作成装置で、図24に示される画像の2値化処理を行なった。なお、初期しきい値は0.5とし、係数 β は0.5とした。また、しきい値の拡散には図2に示されるマトリックスを使った。

【0082】図25は、その画像処理結果を示す図である。図に示されるように、しきい値拡散法を採用すると、ドット発生が遅延や尾引きが少ない。

【0083】図26は、図24に示される画像を誤差拡散法（しきい値は0.5、誤差の拡散には図2と同じマトリックスを使った）により処理した結果を示した図である。この図からわかるように、誤差拡散法を採用した場合には、ドット発生が遅延や尾引きが激しくなる。このように、しきい値拡散法は誤差拡散法よりも優れていることがわかる。

【0084】尚、参考までに、図27および図28に、初期しきい値を0.5、入力値を0.2としたときのしきい値拡散処理の結果を示す。図28においては、4つのステップ（1）~（4）における各数値の流れが示されている。

【0085】〔変形例〕図1に示される構成に代えて、図19に示される構成をしきい値拡散法に採用するようにしてもよい。図19の構成では、初期しきい値Th

(x) が入力値により変調される。この場合、フィードバック係数 β を調整する必要がある。

【0086】また、図1に示される構成に代えて、図20に示される構成を採用してもよい。これは、入力値に係数 α を掛け合わせる乗算部302を備えたものである。係数 α により2値化処理の効果の度合いを制御することができ、エッジの強調度合いをたとえば強くすることなどが可能となる。この場合においても係数 α により適正なフィードバック係数 β の値が変化するため、フィードバック係数 β を調整する必要があるが生じる。

【0087】なお、図19に示される装置構成と、図20に示される装置構成とを足し合わせ、初期しきい値 $T_h(x)$ の入力値による変調と、入力値に対し係数 α を掛け合わせる処理とを同時に行なうようにしてもよい。

【0088】以上に述べたようにしきい値拡散法は、画像入力値の局所的な1次以上の成分を優先して再現するように機能する。しかしそれにもかかわらず、パラメータを設定することにより局所的な0次成分の再現を行なうことも可能である。また、アルゴリズムとしては誤差拡散法と同様のフィードバックを用いており、出力画像のテクスチャも誤差拡散法と同様のブルーノイズ特性を持つ。また、計算量も誤差拡散法並みである。

【0089】しきい値拡散法により、誤差拡散法に似た出力の画像品質を保ちながら、白または黒に近い下地部分でのドットがライン状に並びやすいという誤差拡散法の欠点を解消することができる。また、低コントラストのエッジ成分の再現などさまざまなメリットをしきい値拡散法は有している。

【0090】2値化によるハーフトーンの再現に関しては、視覚特性の考慮が今後さらに注目されると考えられる。その場合、観察される画像の全体的な特性と局所的な特性のバランスとが重要である。すなわち、画像内の局所的な相関を維持しながら全体的な階調を再現することが必要となってくる。画像を観察する者は両者の特性が最大限となるように心理的にバランスさせていると考えられるからである。従って、入力画像の局所的な0次成分と1次以上の成分とをそれぞれコントロールして簡単に再現できるような手法がより必要となってくる。しきい値拡散法はそのような要求を満たす画像作成方法に寄与していくものである。

【0091】【第2の実施の形態】第2の実施の形態における画像処理装置は、第1の実施の形態における画像作成装置を複数用いて、複数の色成分からなる多値画像の階調を低減させる。

【0092】ここでは、プリンタ用のC（シアン）、M（マゼンタ）、Y（イエロー）、およびK（ブラック）の4色からなるカラー画像の処理を対象としている。

【0093】図21は、本実施の形態における画像処理装置の構成を示すブロック図である。図を参照して、画像処理装置は、カラー画像データを入力し、C、M、Y

およびKの多値画像に分解して出力する入力部601と、C、M、YおよびKのそれぞれに対応した画像作成装置100a~100dと、画像作成装置100a~100dから出力される2値画像を重ね合わせて出力する出力部603とから構成される。

【0094】ここに、画像作成装置100a~100dの1つの構成として、第1の実施の形態およびその変形例の構成を用いることができる。

【0095】図21に示される画像作成装置100a~100dのそれぞれにおいて異なるフィードバック係数 β を設定することができる。すなわち、4色を重ね合わせるときの効果を考えて、フィードバック係数を各色ごとに変えて設定してもよい。

【0096】また、初期しきい値 $T_h(x)$ についても、自由に設定することができる。つまり、適当なパターンを4種類用意してそれを初期しきい値としてもよい。このような工夫により、4色の画像データを重ね合わせたときの色再現への有利な効果を与えることができる。

【0097】すなわち、色の重ね合わせ時に干渉によるノイズなどが発生しないように処理を行なうことができる。たとえば、ディザスクリーンを初期しきい値 $T_h(x)$ として利用する処理ではスクリーンのピッチや角度を変えて4種類のスクリーンパターンを用意し、それぞれの色に対応させればよい。このようにして、本実施の形態においてはカラー画像固有の処理をすることができる。

【0098】また、図21に示されるように4色の画像データをそれぞれ独立に処理することは処理の簡素化の目的から望ましいが、必ずしもそのようにする必要はない。

【0099】たとえば、入力を4次元色空間でのベクトルの集合と考えて、4次元空間でのしきい値拡散を行なってもよい。その場合、フィードバックの係数も各次元の成分を持ったベクトルとして設定することになる。また、初期しきい値もその出力値がベクトルであるような関数として設定することになる（初期しきい値ベクトル $T_h(x)$ ）。

【0100】しきい値拡散方式を採用することによって、第2の実施の形態においても第1の実施の形態で述べたようなメリットがあるが、それを第2の実施の形態のように適切な方法でカラー画像に適応することにより、さらに出力媒体上での各色の発色ドット配置の関係をコントロールすることができる。これにより、より綺麗な色再現に寄与することができる。たとえば本実施の形態においては、各色ごとの初期しきい値に互いに干渉し合わないようなパターンを設定することにより、それを実現することができる。

【0101】また、各色のフィードバック係数（ β ）をそれぞれ独立に調整することにより、各色の階調性を制

御し、出力画像の色味自体を調整することも可能である。このように、しきい値拡散方式をカラー画像に適用することにより、新たな画質調整の自由度ができてくるというメリットもある。

【0102】すなわち、カラー画像にしきい値拡散法を採用した場合の効果として、色ごとに係数や初期しきい値を可変設定することができ、出力時のドット配置に対する調整操作が可能となる。また、出力時の階調再現にも各色独立に効果を与えることができ、色味を調整することができる。

【0103】これらの操作を適切に行なうことにより、出力されるカラー画像の発色自体の鮮やかさや、色味の最適化など、より良好な色再現を実現することができる。

【0104】このような発明は、デジタル化されたフルカラー階調画像を出力可能な色成分に分解し、各々の色成分について2値の出力を行なう装置などに適用することができる。特にカラープリンタなどのカラー画像出力装置は、ペーパー上に画素位置に応じてインクなどの色材を出力するが、各カラー成分の色材の出力がオン/オフの2値に制約されるものが多い。こういった場合、各色材のドット配置、面積などにより、色相や彩度といった色再現とともにハーフトーンを表現するような処理（2値化処理）が行なわれるが、こういった処理として本発明を実施することができ、その効果が生きてくる。

【0105】すなわち、比較的簡単な計算とあまり大きくないメモリで処理を行なうことができ、オリジナルのカラー画像の階調性を十分に再現することができ、また色再現などの画質についてもより向上できるような2値化処理を提供することができる。

【0106】[変形例]なお、図21に示される装置構成を、図22に示されるような構成に変形してもよい。

【0107】図22を参照して、画像処理装置は、C、M、YおよびKの画像データを入力する入力部701と、入力部701からC、M、YおよびKの画像データを順次入力し、2値画像を作成する画像作成装置100と、画像作成装置100からの出力データをC、M、YおよびKの画像データとして出力する出力部703と、C、M、YおよびKの画像処理のそれぞれに応じて初期しきい値 $T_h(x)$ やフィードバック係数 β を設定する設定部705と、装置全体の制御を行なう制御部707とを備える。

【0108】この装置においては、順次入力されたC、M、YおよびKの画像データを1つの画像作成装置100でシリアルに処理し、出力するものである。また、それぞれの色成分に応じてしきい値やフィードバック係数を変更するものである。このように装置を構成することで、図21の装置と同様な動作を行なう画像処理装置を提供することが可能となる。

【0109】[第3の実施の形態]図29は、本発明の

第3の実施の形態における画像作成装置の構成を示すブロック図である。図を参照して、画像作成装置は、第1の実施の形態と同様に、入力部101と、しきい値処理部103と、2値イメージ出力部105と、反転部113と、初期しきい値発生部107と、減算部109と、補正しきい値出力部111と、減算部115と、係数乗算部117と、補正值メモリ119とを備えている。

【0110】そして、本実施の形態において画像作成装置はさらに、係数 β を入力する係数 β 入力部601と、初期しきい値 t_h 設定部603と、係数 β 設定部605とを備えている。すなわち、この画像作成装置は、ユーザによって初期しきい値 t_h および係数 β の少なくとも一方を設定することを特徴としている。これにより、画像再現における γ 特性（画像再現特性）をコントロールすることができる。

【0111】図30は、初期しきい値 t_h および係数 β を変化させたときの γ 特性を示す図である。初期しきい値 t_h 、係数 β のそれぞれにおいて、示されるグラフの横軸が入力値、縦軸が出力値を示している。

【0112】従来技術である誤差拡散法によると、 γ 特性を変動させるためには、別個特性を補正するための補正関数演算部やルックアップテーブルなどを用いる必要があった。しかし、しきい値拡散法を用いると、 t_h や β を変化させるだけで γ 特性をコントロールすることができる。

【0113】[第4の実施の形態]図31は、本発明の第4の実施の形態における画像作成装置の構成を示すブロック図である。図を参照して、画像作成装置は第1の実施の形態と同様に、入力部101と、しきい値処理部103と、2値イメージ出力部105と、反転部113と、初期しきい値発生部107と、減算部109と、補正しきい値出力部111と、減算部115と、係数乗算部117と、補正值メモリ119とを備えている。

【0114】そして、本実施の形態において画像作成装置はさらに、初期しきい値 t_h を設定する初期しきい値 t_h 設定部603と、係数 β を算出するための係数 k を出力する係数 k 出力部609と、入力部101の入力値、初期しきい値 t_h および係数 k に基づいて各画素ごとに β を算出する β 算出部611と、係数 k を設定する k 設定部607とから構成されている。

【0115】図32は、 β 算出部611による β の算出方法を説明するための図である。図に示されるように、入力部101からの入力値が“0”であれば、 β の値には初期しきい値 t_h が設定される。入力値が t_h と等しければ、 β の値には k が設定される。入力値が“1”であれば、 β の値には $1-t_h$ が設定される。

【0116】図33は、本実施の形態における効果を説明するための図である。図を参照して、(A)に示されるように、入力値に応じて β を変化させることで、(B)に示されるように入力が0（最小レベル）のとき

に出力（ドット密度）が0、入力が1（最大レベル）のときに出力が1となる γ 特性を装置に持たせることができる。

【0117】すなわち、白やベタを表現するために、ドット密度0（＝ドットを打たない）、ドット密度1（＝ドット密度100%）を表現することが、多くの場合必要となってくる。また、連続した階調性を確保するために、 γ 特性は連続で単調（に増加、または減少する）であることが必要である。またハーフトーニング処理で求められる γ 特性は必ずしもリニア（＝直線）ではない。

【0118】本実施の形態においては、このような要求を満たす画像処理を行なうことができる。すなわち、入力が0のとき、 $\beta = t_h$ となるようにすると、入力が0（＝最小値）のとき出力ドット密度が0で、かつ入力が中間レベルである場合に単調に出力が増加するという特性を得ることができる。同様に、入力が1（＝最大値）のとき $\beta = 1 - t_h$ となるようにすると、入力が1のときに、出力ドット密度が1となる。また、入力が0や1以外のときには β および t_h を入力に対して連続に自由に定めることができる。この実施の形態では、パラメータ k を任意に定め、入力と β とを関係付けるという方法を取っている。このような構成にすると、 t_h と k とを変更するだけで、必要な特性を簡単に得ることができる。

【0119】図34は、 $k = 0.7$ の状態において、 t_h を変化させたときの γ 特性の変化を示す図である。このように、 t_h を変化させると、出力画像全体の明るさを変えることができる。

【0120】また、図35は $t_h = 0.5$ の状態において、 k の値を変化させたときの γ 特性の変化を示す図である。このように、 k を変化させることで出力画像のコントラストを変えることができる。

【0121】【応用例】図36（A）は、あるレーザプリンタの特性を示した図であり、印字されるドットの密度と明度 L （人間の目に対する映り方）との関係を示す図である。図から明らかなように、ドット密度と明度 L とはリニアな特性ではない。もしも、図37（C）で示されるような特性が画像処理の過程で得られれば図36（B）に示されるリニアなドット密度と明度 L との特性が得られるはずである。

【0122】図38および図39は、 k と t_h とを変更して得られる入力イメージと出力ドット密度との関係を示す図である。また、図40および図41は、図36

（A）で示される特性を有するレーザビームプリンタに第4の実施の形態における画像作成装置を適用し、 k および t_h を調整することにより γ 特性を持たせた場合の入力イメージと出力明度との関係を示す図である。

【0123】図40（D）に示されるように、誤差拡散法のみを採用し、 γ 補正を行なわなかった場合には、図36（B）に示されるような望ましい γ 特性が得られな

いこととなるが、本実施の形態のようにしきい値拡散法により k と t_h とを調整することで、望ましい γ 特性に近い γ 特性（図40の①～③および図41の①～③）を得ることができる。

【0124】また、入力値の変化に基づいて図2に示される重み係数を変化させるようにしてもよい。

【0125】さらに本実施の形態においては入力値に基づいて係数 β や重み係数を変化させることとしたが、しきい値拡散アルゴリズム内の値（出力値、反転出力値、フィードバック値、補正しきい値など）に基づいて、 t_h や β や重み係数を変化させるようにしてもよい。

【0126】さらに、画像の種類によって t_h や β や重み係数を変化させてもよい。ここに、画像の種類とは画像の色（C, M, Y, Kなど）、カラー／モノクロ、イメージであるかテキストであるか、自然画であるかグラフィックであるかなどである。

【0127】従来、誤差拡散法などを用いたデジタルハーフトーニング技術を採用した場合において、CMYKのそれぞれが同じ値の画像データ（グラフィックスでありがちな画像データ）を処理する場合では、同じドットパターンが生じ、画質を損ねていた。そこでCMYKでそれぞれ t_h 、 β 、重み係数のいずれかを互いに異ならせるようにすると、そのような問題を解決することができる。

【0128】また、CMYKそれぞれの色材で一般に発色の特性は異なる。従って、好ましい特性を得るためには、従来それぞれの色について特性を補正するための補正関数演算もしくはルックアップテーブルなどを用いる必要があった。しかししきい値拡散法を用いることにより、色ごとにふさわしい t_h 、 β などを設定するだけでCMYKそれぞれで好ましい特性を得ることができる。

【0129】さらに、画像の種類によって好ましい γ 特性は異なる。たとえばテキスト画面では高いコントラストが必要とされるが、しきい値拡散法を用いれば、 β を小さく設定することにより高いコントラストを得ることができる。また、モノクロ自然画では、一般にハイキーな画面がよいとされるため、 t_h を小さくすればよい。一般に、1つの作像手段は他種類の画像に対応しなければならぬし、それぞれの画像データに対し異なった γ 特性を与えることが好ましい。このような要求も、画像の種類に応じて異なった t_h 、 β 、重み係数を与えれば実現できる。

【0130】また、補正值メモリ119はフィードバック係数乗算部117の後に入れることとしたが、図31の（*）で示される位置にもってくるようにしてもよい。

【0131】さらに、図2に示される重みをユーザの任意に変更可能としてもよい。

【第5の実施の形態】また、図31に示される初期しきい値 t_h 設定部603および k 設定部607による設定

を、図42に示されるようにセンサ651の出力に基づいて自動的に行なうようにしてもよい。すなわち、センサ651により環境値を検出し、環境値によって t_h や k （あるいはさらに重み係数や β ）を変化させるのである。ここに、環境値とは、温度、電源電圧、湿度、紙の種類、作像方式、色材の残量、色材の種類、経年変化、感光体、発光素子などにより定まる値である。

【0132】作像手段の γ 特性は一般に環境値によって変化する。環境値の変化による γ 特性の変化を補うために t_h 、 k 、 β 、重み係数を変化させるのである。また、環境値を検出する代わりに、出力部105からの出力を直接検出するようにしてもよい。

【0133】[第6の実施の形態] 図43は、本発明の第6の実施の形態における画像作成装置の構成を示すブロック図である。図を参照して、画像作成装置は第1の実施の形態と同様に入力部101と、しきい値処理部103と、2値イメージ出力部105と、反転部113と、初期しきい値発生部107と、減算部109と、補正しきい値出力部111と、減算部115と、係数乗算部117と、補正值メモリ119とを備えている。

【0134】そして、本実施の形態において画像作成装置はさらに、ノイズレベルの最大値（係数 n ）を設定する n 設定部701と、係数 n を出力する係数 n 出力部703と、入力値、係数 n および初期しきい値 t_h に基づいてノイズを発生させるノイズ発生部705と、初期しきい値 t_h とノイズとを加算させる加算部707とを備える。

【0135】また、画像作成装置は第4の実施の形態と同様に、係数 k 出力部709と、入力値、初期しきい値 t_h および係数 k に基づいて各画素ごとに β を算出する β 算出部701とを備えている。

【0136】図44は、図43のノイズ発生部705の構成を示すブロック図である。図を参照して、ノイズ発生部705は、入力値と係数 n と初期しきい値 t_h とに基づいて、ノイズレベル（ N ）を発生させるノイズレベル発生器705aと、周期的なノイズパターンを発生させるノイズパターン発生器705bと、ノイズレベル発生器705aの出力とノイズパターン発生器705bとの出力を掛け合わせる乗算器705cとから構成される。

【0137】図45（A）はノイズ発生部705の処理を示す図であり、図45（B）は β 算出部701の処理を示す図である。

【0138】図45（A）に示されるように、ノイズレベルは入力値が0であれば、0となり、入力値が t_h であれば n となり、入力値が1であれば0となる。

【0139】図45（B）に示される β 算出部701の処理は、第4の実施の形態と同じであるためここでの説明を繰返さない。

【0140】図46～図51はノイズパターン発生器7

05bが出力するパターンの具体例を示す図である。図46～図49は集中型のディザパターンであり、図50は分散型のディザパターンであり、図51はライン型のパターンである。

【0141】このようなパターンは予めメモリに記憶させてもよいし、画素の位置の情報からパターンを算出するようにしてもよい。このような規則的なパターンをしきい値に加えることにより、出力される画像の画質を向上させることができる。

10 【0142】すなわち、しきい値拡散法では結晶化、テクスチャシフトが誤差拡散法に比べて大きい（誤差拡散法よりも格子状に規則的にドットが並ぶ傾向が強く、テクスチャシフトが目立つ）という問題点と、図34および図35示されるように γ 特性を示すグラフに凹凸があるという問題点とがあるが、本実施の形態ではノイズを付加することによりそれらの問題点を解決することができる。

20 【0143】なお、積極的にパターンを見せることにより質感の向上を図る場合には、集中型ディザパターンまたはライン型のパターンを用いるのがよい。一方、パターンを見せたくないのであれば分散型のパターンを用いるのがよい。

【0144】[第6の実施の形態の効果] 図52および図53は、係数 k と初期しきい値 t_h とを変化させたときの γ 特性の変化を示す図であり、図34および図35に対応する図である。なお、ここに係数 n は0.2とした。

30 【0145】図からも明らかであるように、本実施の形態によりしきい値にノイズを付加させると、 γ 特性の曲線に凹凸が生じることを防ぐことができる。

【0146】また、図54はテクスチャシフトの具体例を示す図である。図において、1つの四角形内は一定濃度の現画像をしきい値拡散法により2値化した結果を示している。図に示されるように、1つの四角形内でドットパターンの変化により模様（テクスチャシフト）が現われている。

40 【0147】図55、56および57はそれぞれ、本実施の形態において図46、47および51のパターンを付加した画像処理を行なった結果を示す図である。図に示されるように、本実施の形態ではテクスチャシフトの発生を防ぐことができることがわかる。

【0148】なお、上述の実施の形態においてはノイズとして周期的パターンを加えることとしたが、ランダムノイズを加えるようにしてもよい。ここにランダムノイズとはたとえばホワイトノイズや、ブルーノイズやピンクノイズを示す。ホワイトノイズとは、すべての周波数成分を均等に含んだノイズであり、ブルーノイズとは高い周波数成分をより多く含むノイズであり、ピンクノイズとは低い周波数成分をより多く含むノイズである。

【0149】図58は、図54に対応する原画像にホワ

イトノイズを付加してテクスチャシフトの改善を図った例である。

【0150】最も一般的なノイズはホワイトノイズであり、発生も容易である。解像度を重視する場合にはブルーノイズを用いた方が一般的により結果が得られる。逆に軟らかな質感を求める場合にはピンクノイズを用いるのがよい。

【0151】また、ノイズはしきい値に加えることとしたが、フィードバック係数や重み係数や初期しきい値や入力値などの画像作成装置内のいずれかの信号にノイズを加えるようにしてもよい。さらに、しきい値を拡散させる範囲を広くするか狭くするかを変化させることでノイズとしてもよい。

【0152】また、本実施の形態においては入力値によりノイズの強度を変えることとしたが、しきい値拡散アルゴリズム内の値（たとえば出力値、反転出力値、フィードバック値、初期しきい値、フィードバック係数など）に基づいて、加えるノイズの強度およびパターンを変化させるようにしてもよい。

【0153】さらに、CMYKなどの色によって、加えるノイズの強度やパターンを変化させるようにしてもよい。すなわち複数の色を重ねて印字する場合、異なる色に同じパターンが存在すると互いに干渉して画質の低下をもたらすので好ましくない。従って色ごとに、異なった信号パターンを加えたり、強度を変えたり、パターンの角度を変えたり、周期を変えることでこのような問題を解決することができる。

【0154】さらに、画像の種類によって、加える信号パターンの強度やパターンの種類を変化させてもよい。ここに画像の種類とは、カラー／モノクロ、イメージ／テキスト、自然画／グラフィックなどである。

【0155】さらに、温度、湿度、電源電圧、色材残量、色材の種類、経年変化、感光体、発光素子などに基づく値である環境値によって、加える信号パターンの強度およびパターンを変化させてもよい。

【0156】これらは画像の種類や環境値によって加える信号（ノイズ）の最適値が異なるからである。

【0157】【出力のサンプル】図59～図63は、しきい値拡散法および誤差拡散法を用いた画像のプリント結果を示す図である。

【0158】図59～図61および図63はしきい値拡散法による出力結果を示すものであり、図62は誤差拡散法による出力結果を示すものである。

【0159】また、図59において、しきい値拡散法に用いた係数は $k=0.9$ 、 $th=0.7$ 、 $n=0.2$ であり、図60においては $k=0.9$ 、 $th=0.75$ 、 $n=0.2$ であり、図61においては $k=0.9$ 、 $th=0.8$ 、 $n=0.2$ であり、図63においては $k=0.9$ 、 $th=0.7$ 、 $n=0.2$ である。なお、これらの画像のプリントに用いたレーザプリンタは、図36

(A)の特性を示すプリンタである。

【0160】これらの出力結果からわかるように、誤差拡散法を用いた場合（図62）では、画像が黒く潰れてしまうが、しきい値拡散法を用いた場合には良好な画像を得ることができるという効果がある。

【0161】【第7の実施の形態】第1から第6の実施の形態は入力された多値画像を2値化処理するものであったが、第7の実施の形態はしきい値拡散法にて多値化処理を行うものである。ここで多値化処理とは、入力された例えば256階調の多値画像をそれよりも階調数の少ない例えば4階調の多値画像に変換する処理を指す。

【0162】まず、多値化処理の基本的な考え方を説明する。図64は256階調の入力画像から4階調の出力画像への変換を説明するグラフである。図64では、入力画像を3つの区分に区切り、それぞれの区分毎にしきい値拡散法を利用した2値化処理を行っている。すなわち、区分aでは階調0と階調1の2階調を出力するしきい値拡散を行い、区分bでは階調1と階調2の2階調を出力するしきい値拡散を行い、区分cでは階調2と階調3の2階調を出力するしきい値拡散を行っている。この区分毎のしきい値拡散法を利用した2値化処理により、256階調の入力画像は階調0から階調3の4階調の出力画像に変換される。尚、区分けに利用される境界値は出力階調に応じて決定される。例えば、出力階調が0、0.4、0.8、1の4階調であるとする、入力画像は $0 \sim 102 (= 255 * 0.4)$ 、 $103 \sim 204$ ($255 * 0.8$)、 $205 \sim 255$ の3つの区分に区分けされる。

【0163】図65は、本実施の形態における画像作成装置の構成を示すブロック図である。図中、破線Aで囲った部分がしきい値拡散法にて2値化処理を行う部分であり、それ以外の部分は入力画像の区分けや出力階調の割り当てなどの処理を行う。2値化処理部分は第1から第6の実施の形態と同様の構成が利用できるため説明は省略する。尚、前述の実施の形態と同様にしきい値 $Th(x)$ やフィードバック係数 β が手動あるいは自動で変更できるのは言うまでもない。以下、2値化処理部分以外の構成を説明する。

【0164】まず多値画像（0～1）が入力部B1に入力される。例えば256階調の画像の場合は $0/255 \sim 255/255$ に正規化された値が入力される。入力画像は区分け部B2により入力階調に応じて3個の区分に区分けされる。すなわち、入力画像が $0 \sim 102/255$ の場合は区分aに、入力画像が $103/255 \sim 204/255$ の場合は区分bに、入力画像が $205/255 \sim 255/255$ の場合は区分cに区分けされる。一方、正規化処理部B3では、区分け部B2の区分け結果に応じてそれぞれの区分内で入力画像を0～1に正規化した値 R_{in} を出力する。

【0165】しきい値処理部B4は、正規化された値R

inに対して $Rin \geq$ しきい値 $Th(x)$ であれば"1"を出力し、 $Rin <$ しきい値 $Th(x)$ であれば"0"を出力するという通常の2値化処理を行う。割り当て部B5では、区分け部B2での区分け結果及びしきい値処理部B4での2値化処理結果に基づいて、出力階調の割り当てを行う。すなわち、入力画像が区分aの場合、2値化処理結果が0であれば階調0を割り当て2値化処理結果が1であれば階調1を割り当てる。入力画像が区分bの場合、2値化処理結果が0であれば階調1を割り当て2値化処理結果が1であれば階調2を割り当てる。入力画像が区分cの場合、2値化処理結果が0であれば階調2を割り当て2値化処理結果が1であれば階調3を割り当てるこのように、各区分毎に2値化処理を行うことにより、256階調の入力画像を4階調の出力画像に変換することが可能になる。

【0166】尚、上記の説明では256階調の入力画像から4階調の出力画像への変換だけを示しているが、任意の入力階調から任意の出力階調への変換も同様の手法で可能である。

【0167】今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態の1つにおける画像作成装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 補正值メモリ119の作用を説明するための図である。

【図3】 組織的ディザ法を用いたハーフトーン処理結果を示す図である。

【図4】 誤差拡散法を用いたハーフトーン処理結果を示す図である。

【図5】 しきい値拡散法によるハーフトーン処理結果を示す図である。

【図6】 しきい値拡散法によるハーフトーン処理結果を示す図である。

【図7】 誤差拡散法によるハーフトーン処理結果を示す図である。

【図8】 エッジ強調を伴った誤差拡散法を用いたハーフトーン処理結果を示す図である。

【図9】 フィードバック係数 $\beta=1$ とした場合のしきい値拡散処理結果を示す図である。

【図10】 フィードバック係数 $\beta=0$ とした場合のしきい値拡散処理結果を示す図である。

【図11】 フィードバック係数 $\beta=0.5$ とした場合のしきい値拡散処理結果を示す図である。

【図12】 誤差拡散法において $\beta=0$ である場合の入力値 I_m としきい値 Th と出力値 Out の関係を示す図

である。

【図13】 誤差拡散法において $\beta=1$ である場合の入力値 I_m としきい値 Th と出力値 Out との関係を示す図である。

【図14】 しきい値が中央値である場合の入力値と出力値との関係を示す図である。

【図15】 しきい値拡散法において $\beta=0$ である場合の入力値 I_m としきい値 Th と出力 Out との関係を示す図である。

【図16】 しきい値拡散法において $\beta=1$ である場合の入力値 I_m としきい値 Th と出力 Out との関係を示す図である。

【図17】 しきい値拡散法において $\beta=0.5$ である場合の入力値 I_m としきい値 Th と出力 Out との関係を示す図である。

【図18】 しきい値が中央値である場合の入力値と出力値との関係を示す図である。

【図19】 初期しきい値 $Th(x)$ を入力値により変調させるしきい値拡散法を用いた画像作成装置のブロック図である。

【図20】 図1の装置の変形例を示す図である。

【図21】 第2の実施の形態における画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【図22】 図21の装置の変形例を示すブロック図である。

【図23】 しきい値拡散法による具体的な演算例を説明するための図である。

【図24】 処理の対象となる画像を示す図である。

【図25】 しきい値拡散法を用いた処理結果を示す図である。

【図26】 誤差拡散法での処理結果を示す図である。

【図27】 しきい値拡散処理の結果を示す図である。

【図28】 しきい値拡散処理の結果をステップごとに示した図である。

【図29】 第3の実施の形態における画像作成装置の構成を示すブロック図である。

【図30】 初期しきい値 th および係数 β を変化させたときの γ 特性を示す図である。

【図31】 第4の実施の形態における画像作成装置の構成を示すブロック図である。

【図32】 β 算出部611による β の算出方法を説明するための図である。

【図33】 第4の実施の形態における効果を説明するための図である。

【図34】 $k=0.7$ の状態において th を変化させたときの γ 特性の変化を示す図である。

【図35】 $th=0.5$ の状態において k の値を変化させたときの γ 特性の変化を示す図である。

【図36】 あるレーザプリンタのドット密度と明度との関係を示す図である。

【図37】 図36のプリンタに対する好ましい γ 特性を示す図である。

【図38】 t_h を変化させたときにおける γ 特性の変化を示す図である。

【図39】 k を変化させたときの γ 特性の変化を示す図である。

【図40】 しきい値拡散法による γ 特性の変化を示す図である。

【図41】 しきい値拡散法による γ 特性の変化を示す図である。

【図42】 第5の実施の形態における画像形成装置のブロック図である。

【図43】 第6の実施の形態における画像作成装置の構成を示すブロック図である。

【図44】 ノイズ発生部705の構成を示すブロック図である。

【図45】 ノイズ発生部と β 算出部との処理を示す図である。

【図46】 ノイズパターンの第1の例を示す図である。

【図47】 ノイズパターンの第2の例を示す図である。

【図48】 ノイズパターンの第3の例を示す図である。

【図49】 ノイズパターンの第4の例を示す図である。

【図50】 ノイズパターンの第5の例を示す図である。

【図51】 ノイズパターンの第6の例を示す図である。

【図52】 第6の実施の形態による効果を示す第1の図である。

【図53】 第6の実施の形態による効果を示す第2の

図である。

【図54】 テクスチャシフトの例を示す図である。

【図55】 図46のパターンを加えた状態を示す図である。

【図56】 図47のパターンを加えた状態を示す図である。

【図57】 図51のパターンを加えた状態を示す図である。

【図58】 ホワイトノイズを付加してテクスチャシフトを改善した例を示す図である。

【図59】 しきい値拡散法による出力結果を示す第1の図である。

【図60】 しきい値拡散法による出力結果を示す第2の図である。

【図61】 しきい値拡散法による出力結果を示す第3の図である。

【図62】 誤差拡散法による出力結果を示す図である。

【図63】 しきい値拡散法による出力結果を示す第4の図である。

【図64】 第7の実施の形態における処理を示す図である。

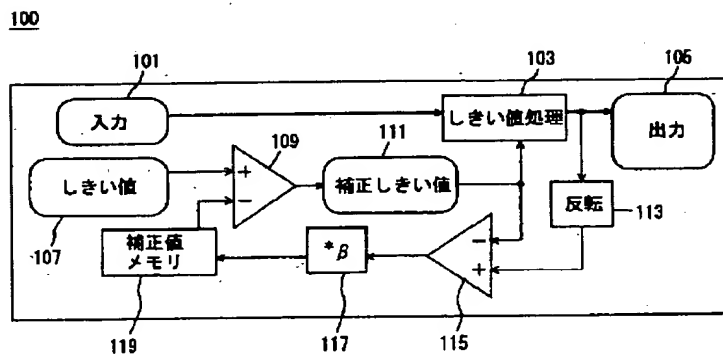
【図65】 第7の実施の形態における画像作成装置の構成を示すブロック図である。

【図66】 誤差拡散法を用いた画像処理装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

101 イメージ入力部、103 しきい値処理部、105 2値イメージ出力部、107 しきい値発生部、109 減算部、111 補正しきい値出力部、113 反転部、115 減算部、117 フィードバック係数乗算部、119 補正值メモリ。

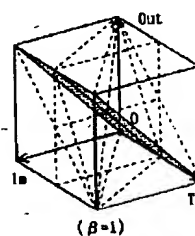
【図1】



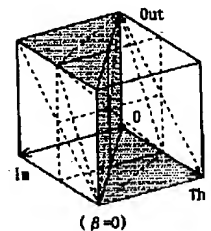
【図2】

		○	32	8
2	16	32	16	4
1	4	8	2	1

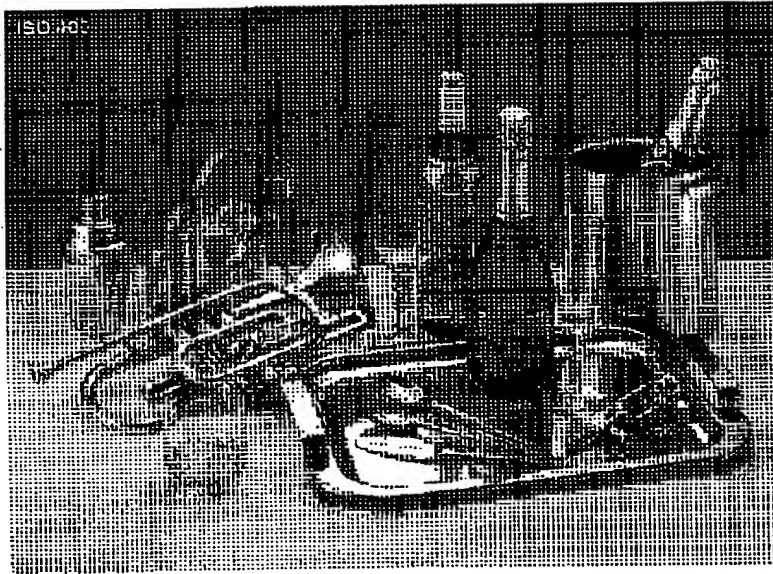
【図13】



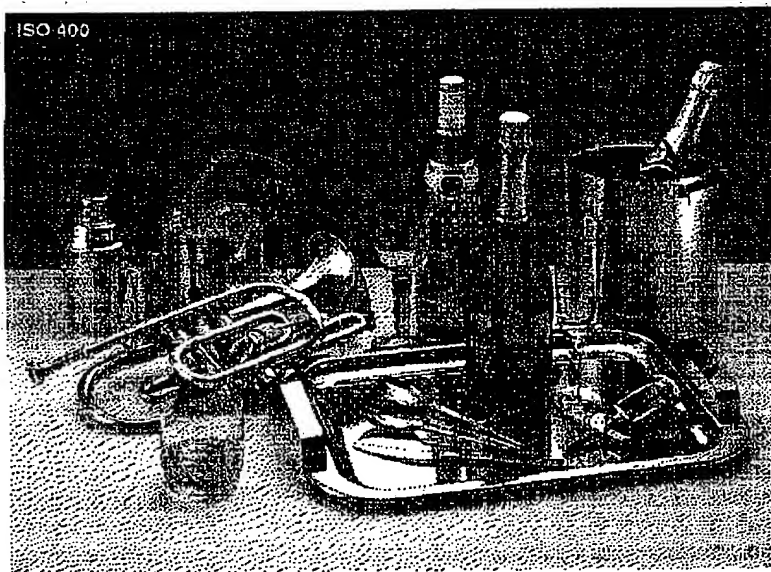
【図12】



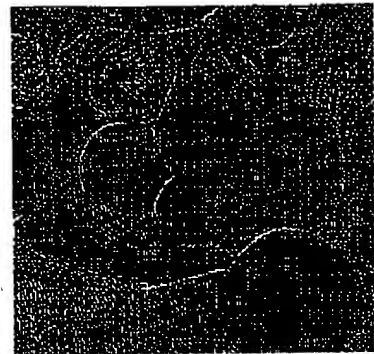
【図3】



【図4】



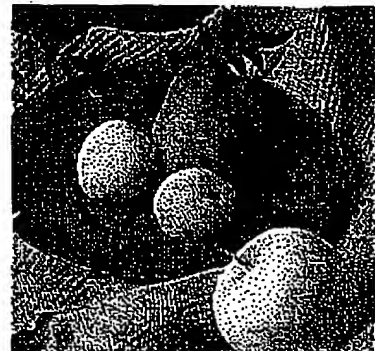
【図9】



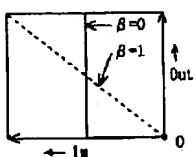
【図10】



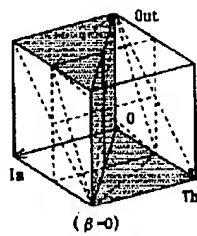
【図11】



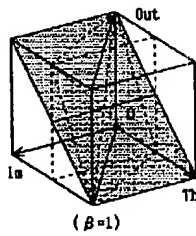
【図14】



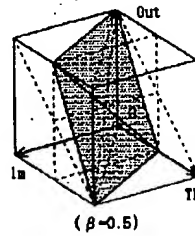
【図15】



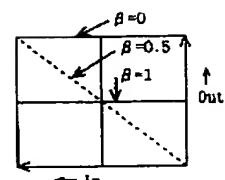
【図16】



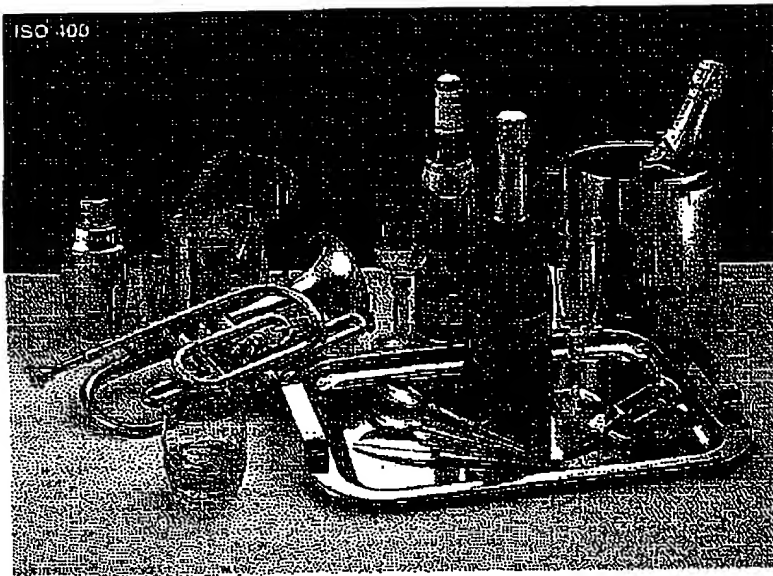
【図17】



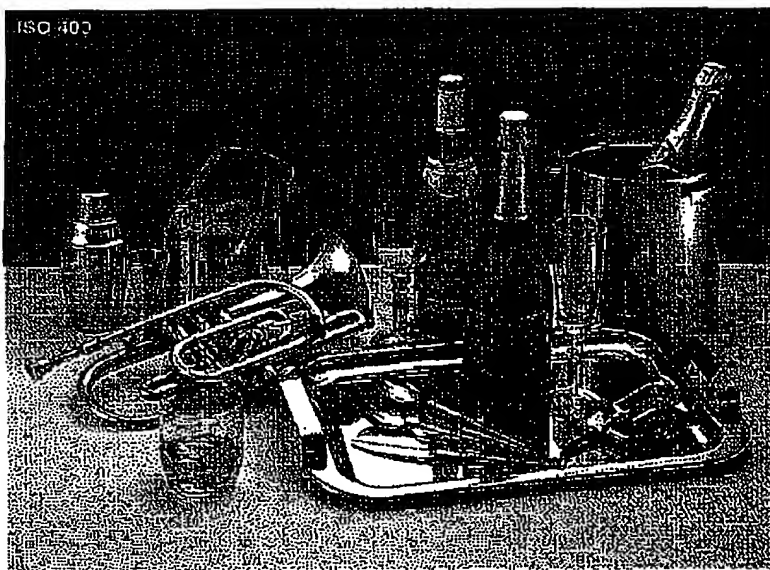
【図18】



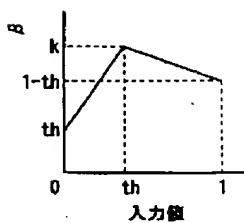
【図5】



【図6】

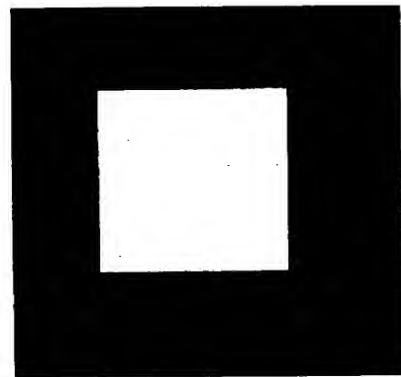


【図32】

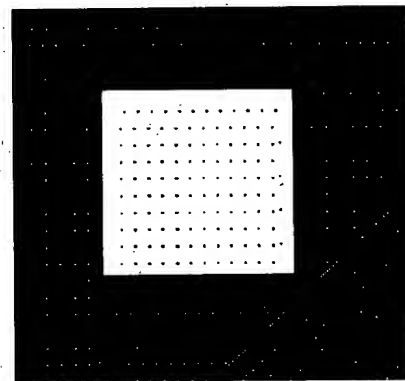


$0 \leq \text{入力値} \leq 1$
 係数 $k = \text{const}$
 閾値 $th = \text{const}$
 出力 $= 0 \text{ or } 1$

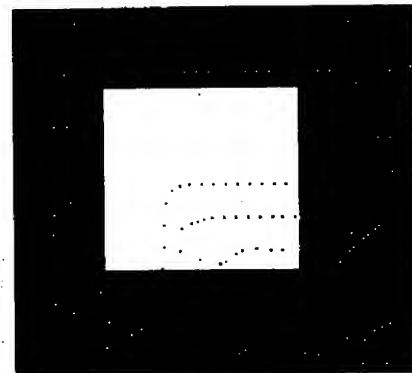
【図24】



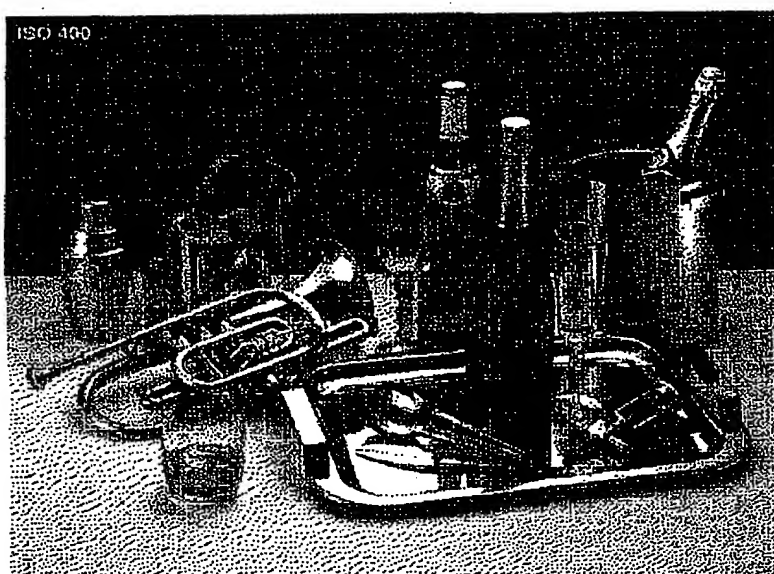
【図25】



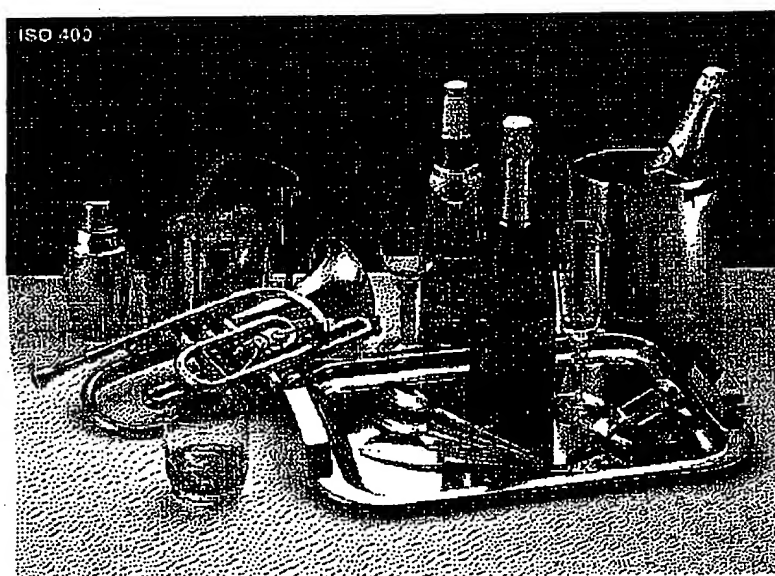
【図26】



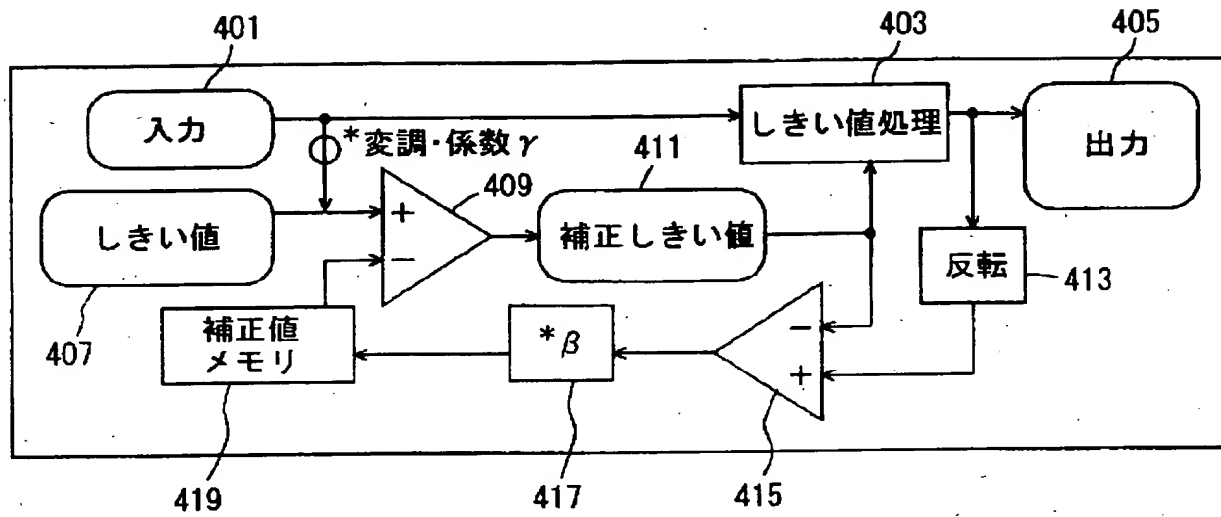
【図7】



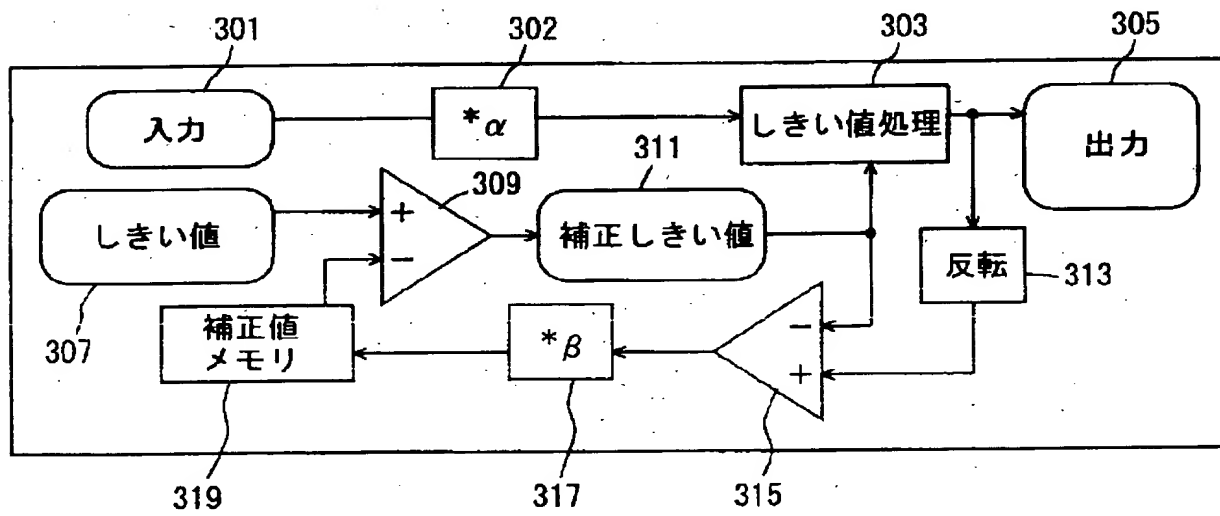
【図8】



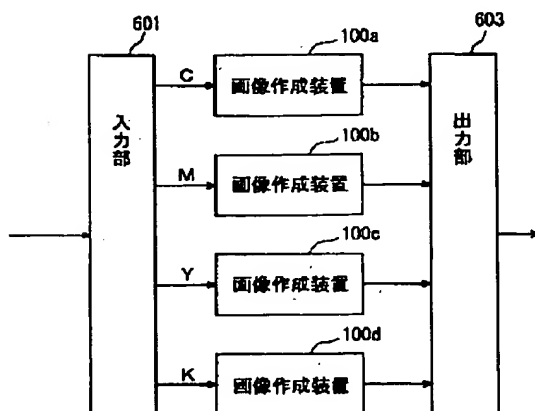
【図19】



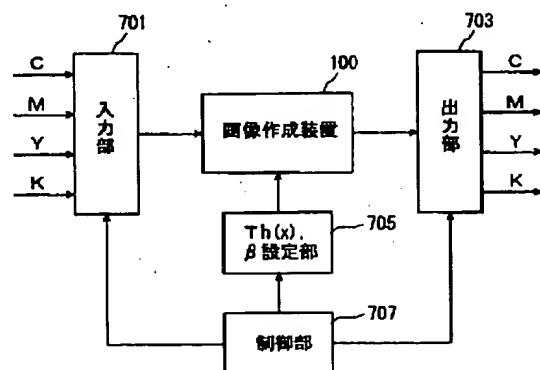
【図20】



【図21】

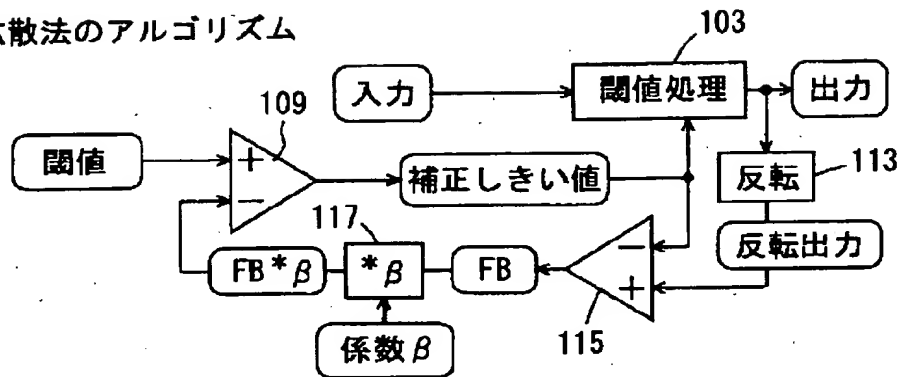


【図22】



【図23】

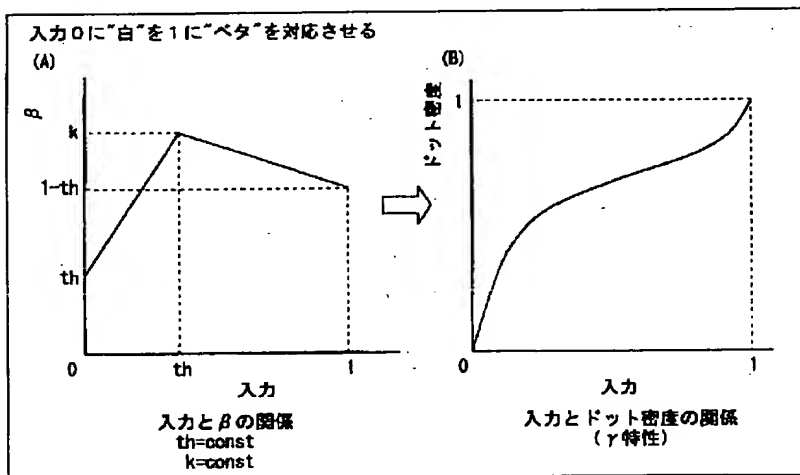
閾値拡散法のアルゴリズム



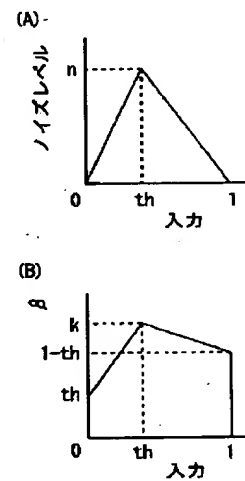
具体的な演算の例

ステップ	しきい値	補正しきい値	入力	出力	反転出力	FB	係数 β	FB $\times\beta$
1	0.5	0.50000	0.00392	0	1	0.50000	0.5	0.25000
2	0.5	0.25000	0.00392	0	1	0.75000	0.5	0.37500
3	0.5	0.12500	0.00392	0	1	0.87500	0.5	0.43750
4	0.5	0.06250	0.00392	0	1	0.93750	0.5	0.46875
5	0.5	0.03125	0.00392	0	1	0.96875	0.5	0.48438
6	0.5	0.01563	0.00392	0	1	0.98438	0.5	0.49219
7	0.5	0.00781	0.00392	0	1	0.99219	0.5	0.49609
8	0.5	0.00391	0.00392	1	0	-0.00391	0.5	-0.00195
9	0.5	0.50195	0.00392	0	1	0.49805	0.5	0.24902
10	0.5	0.25098	0.00392	0	1	0.74902	0.5	0.37451

【図33】

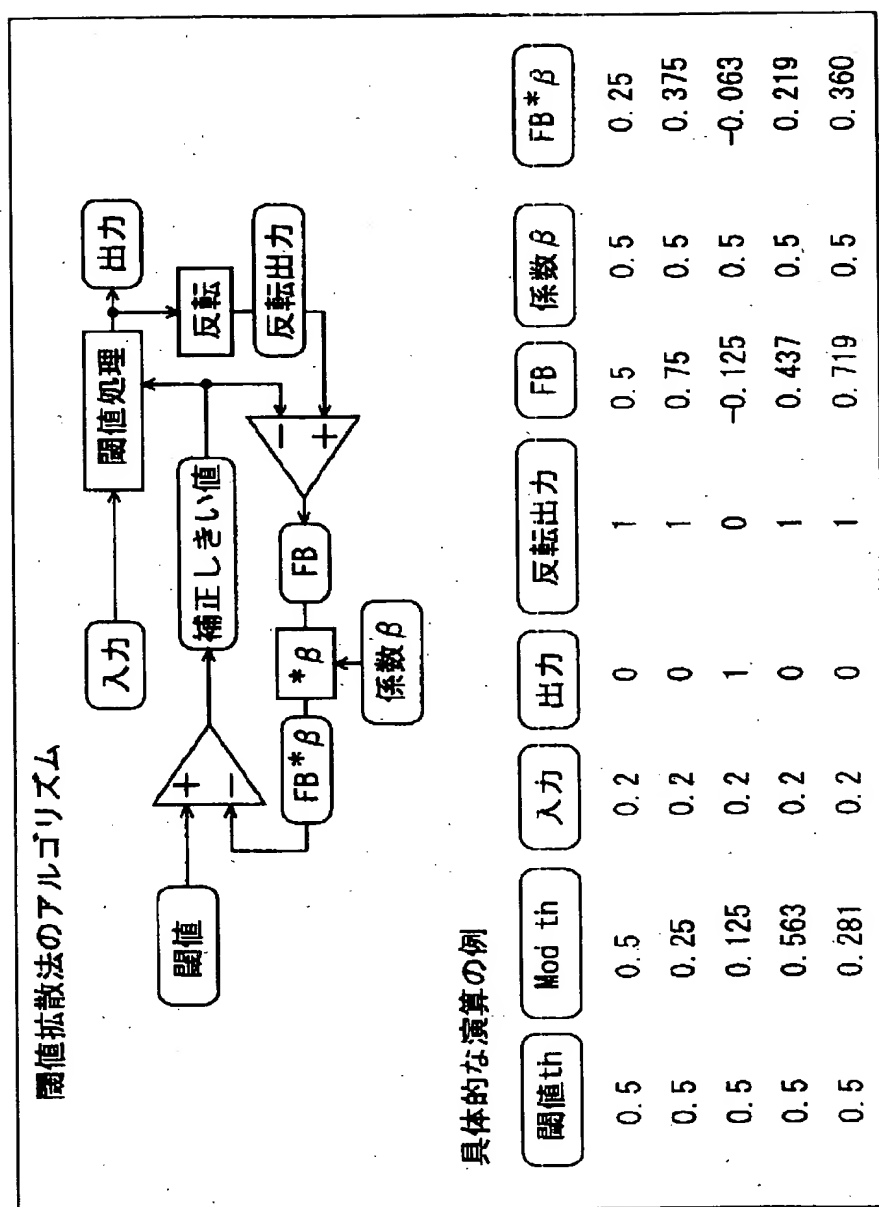


【図45】



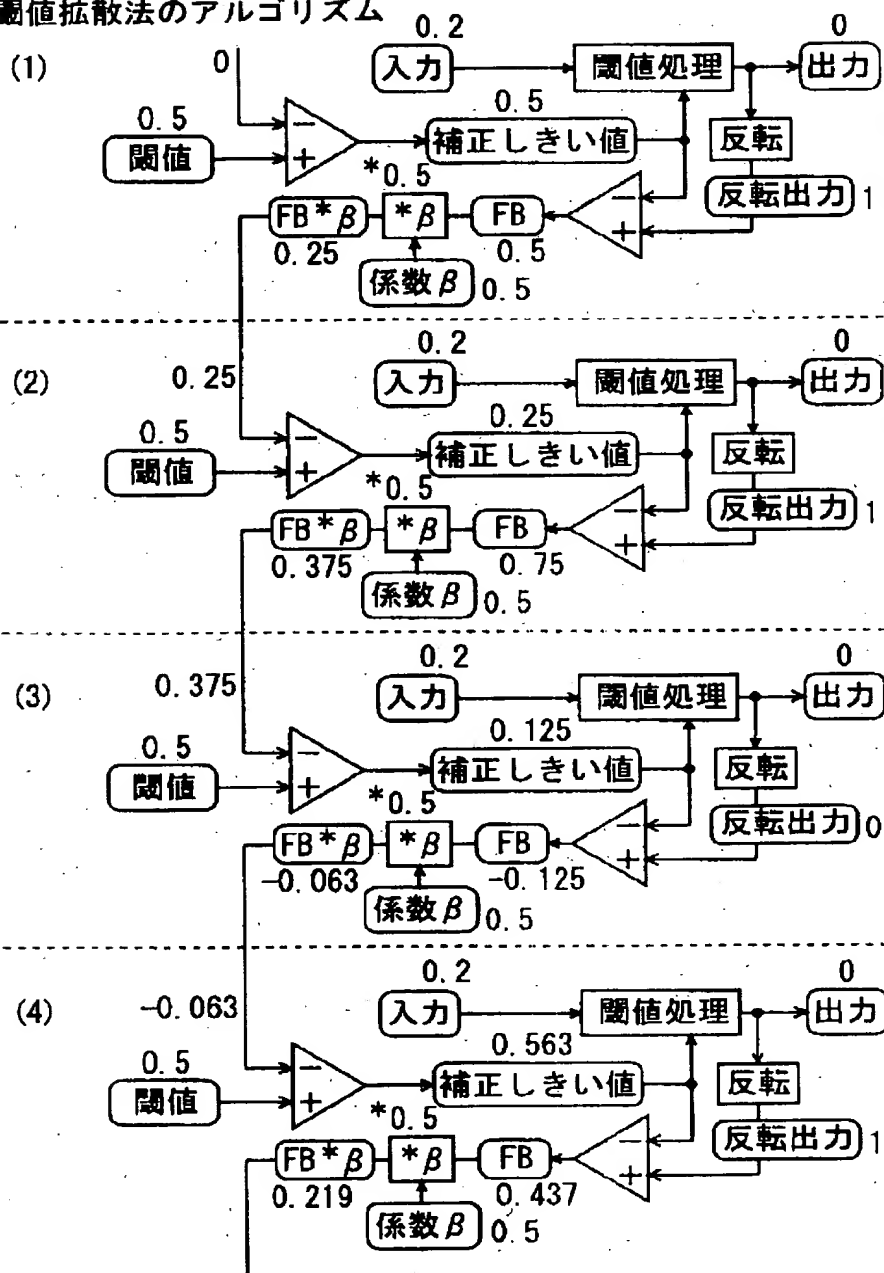
$0 \leq \text{入力} \leq 1$
 係数 $n = \text{const}$
 係数 $k = \text{const}$
 閾値 $th = \text{const}$
 出力 = 0 or 1

【図27】

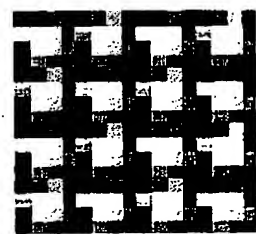


【図28】

閾値拡散法のアルゴリズム

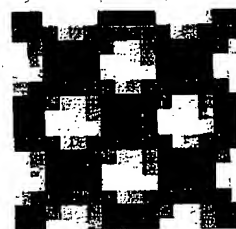


【図46】



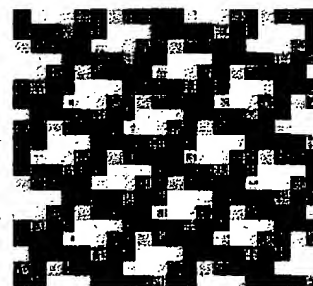
(dith00)

【図47】



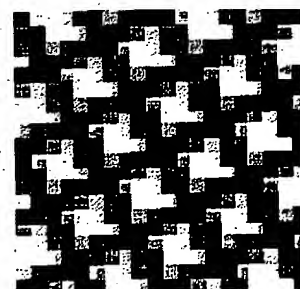
(dith01)

【図48】



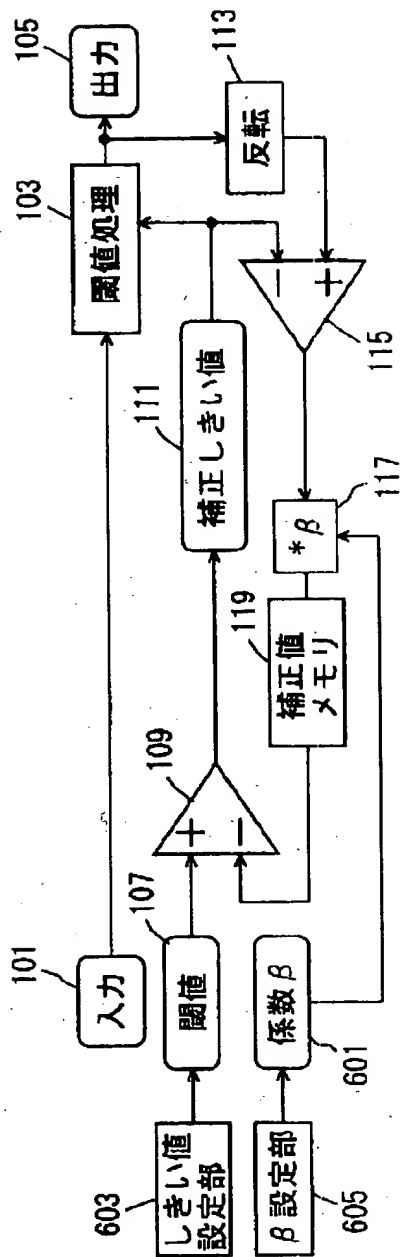
(dith02)

【図49】

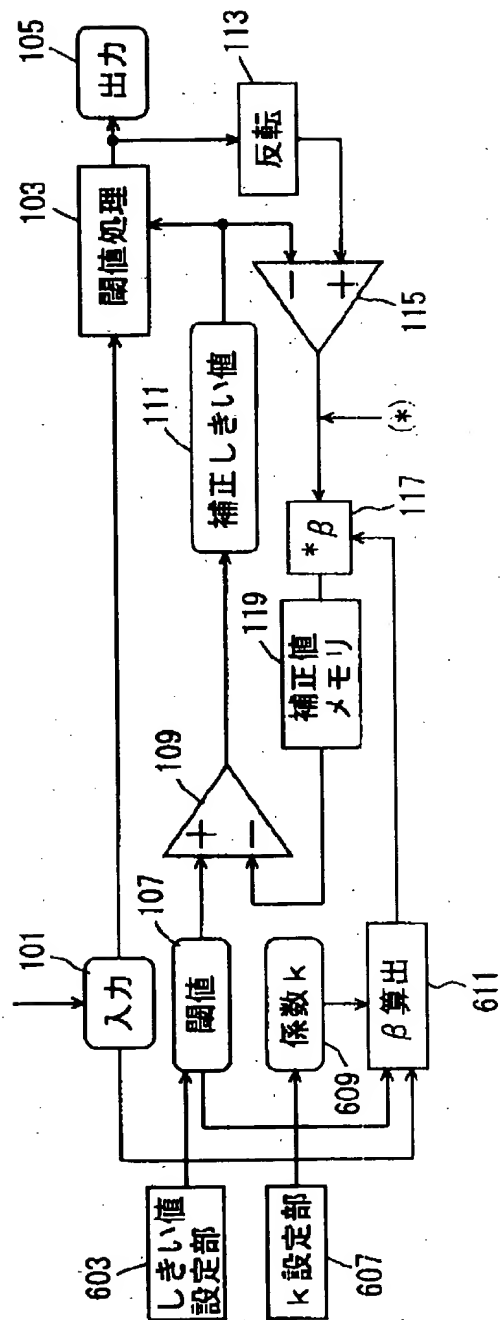


(dith03)

【図29】

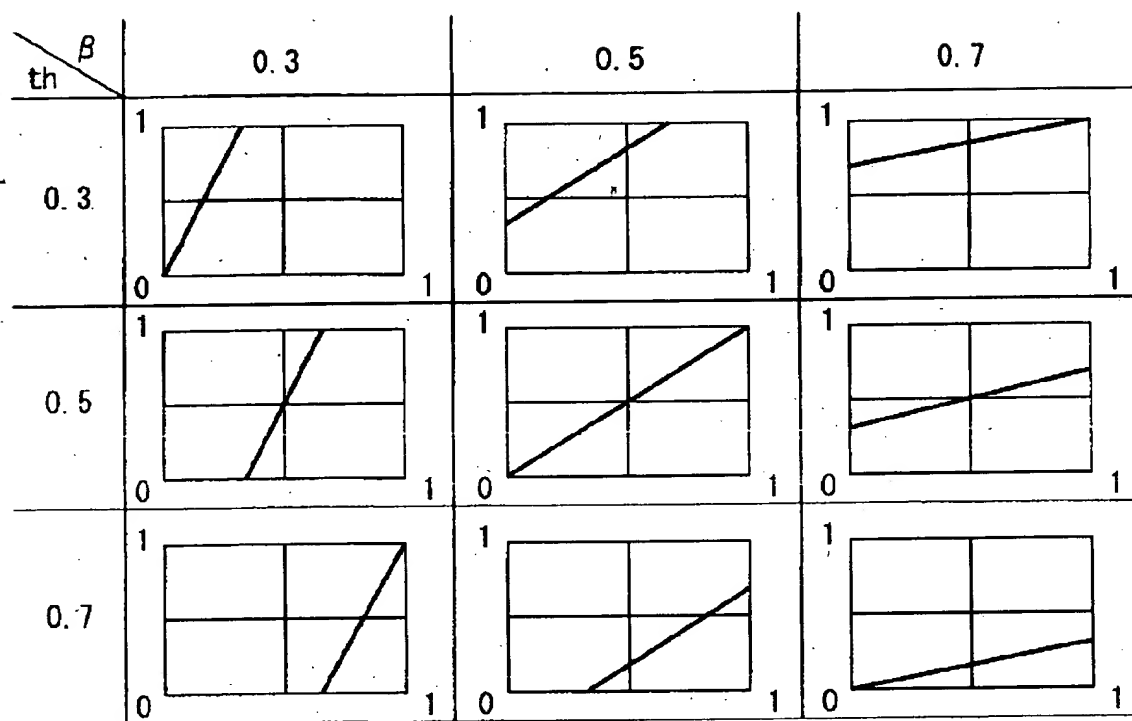


【図31】



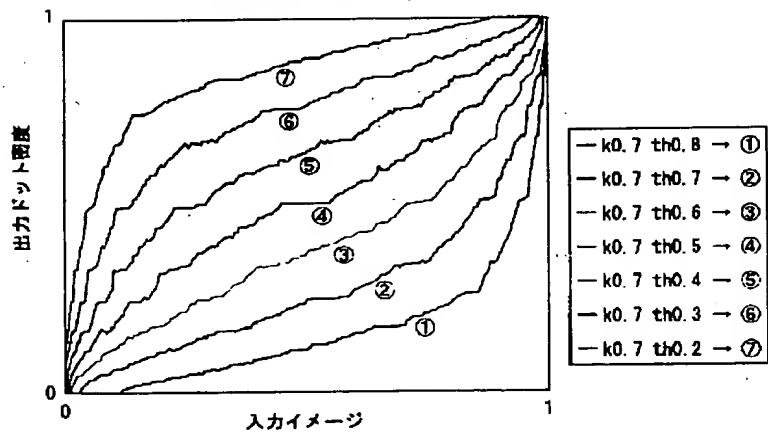
【図30】

閾値 th 、係数 β と得られる γ 特性（横軸：入力、縦軸：出力）

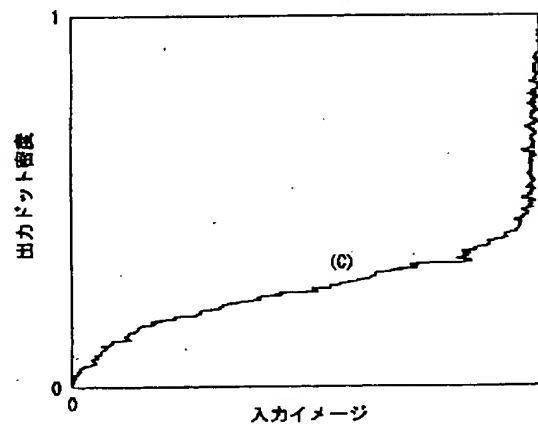


【図34】

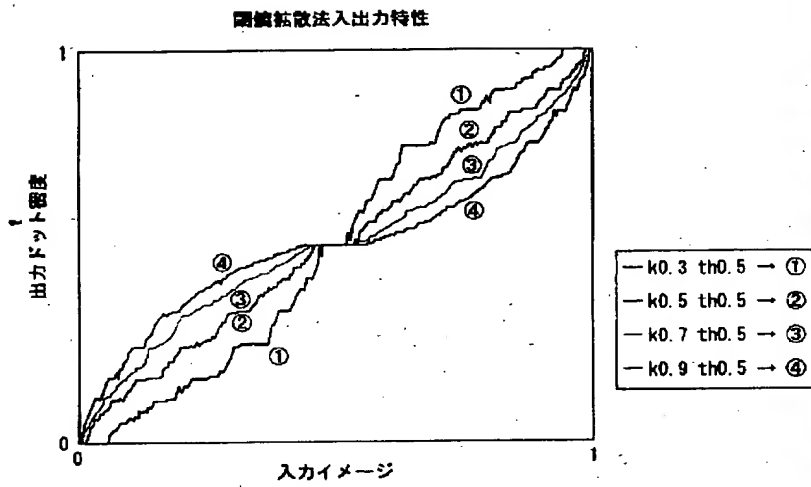
閾値拡散入出力特性



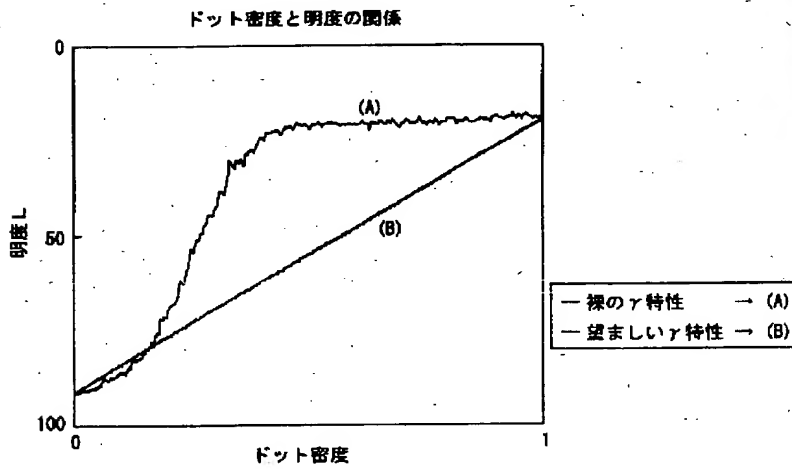
【図37】

 γ 特性をリニアにする入カドット密度関係

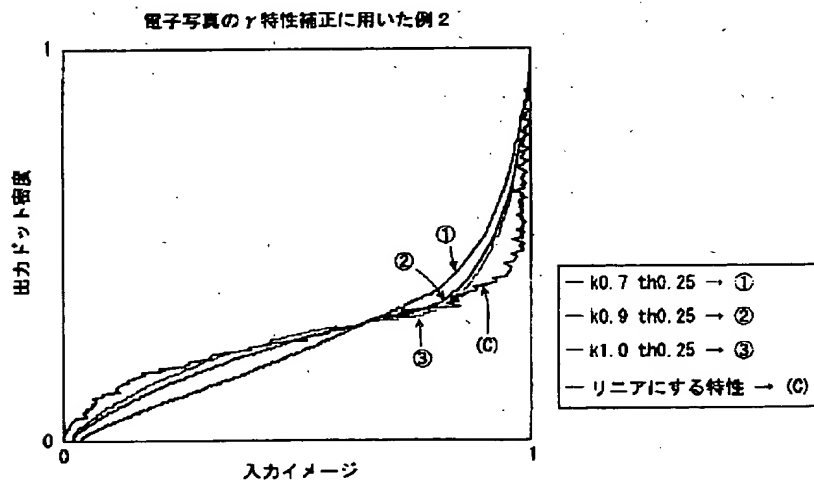
【図35】



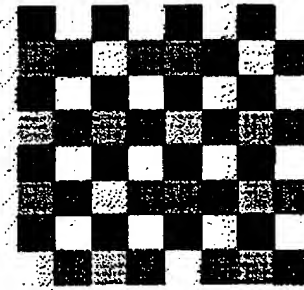
【図36】



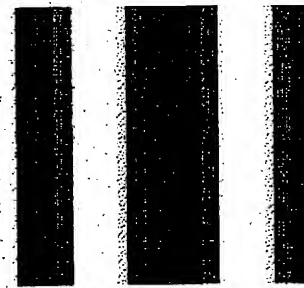
【図39】



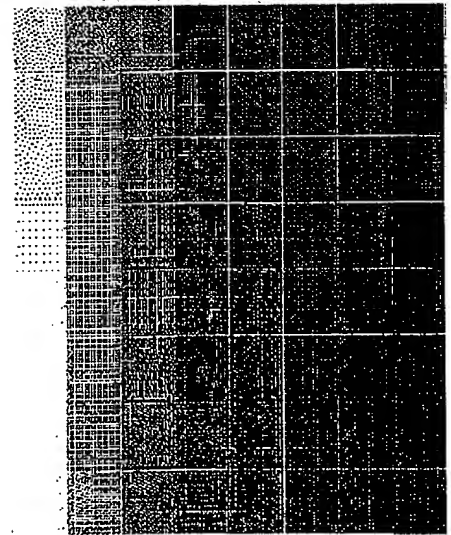
【図50】



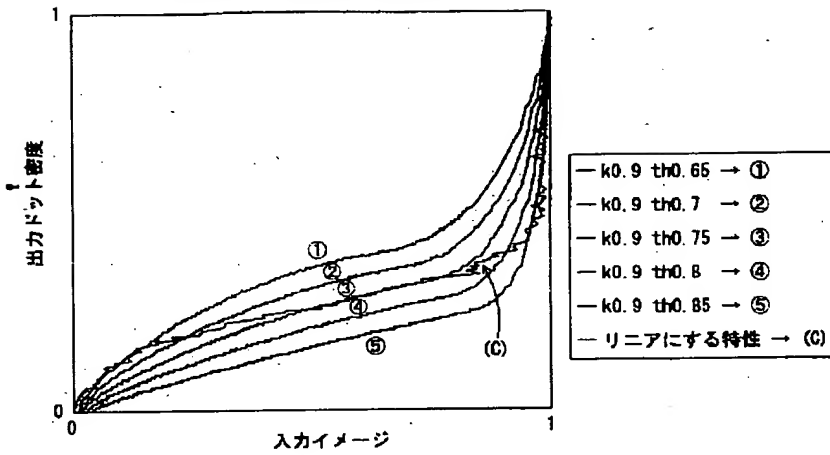
【図51】



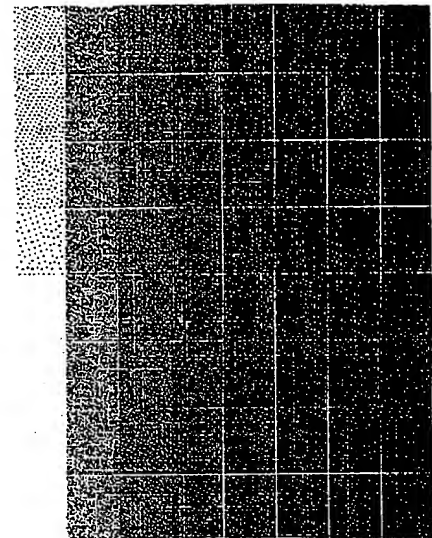
【図54】



【図38】

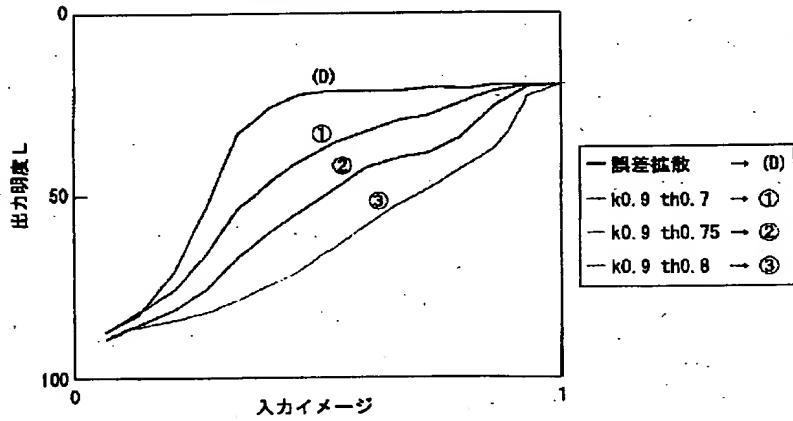
電子写真の γ 特性補正に用いた例1

【図55】

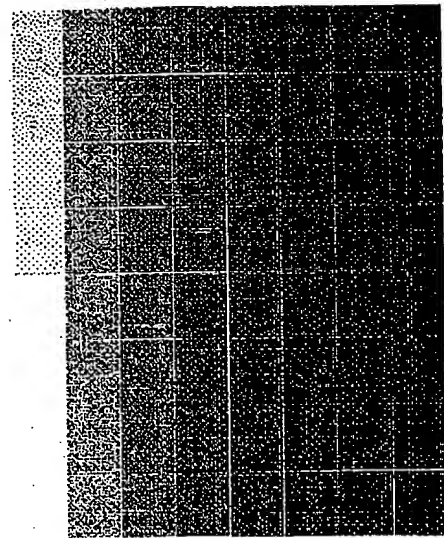


【図40】

画像再現特性1

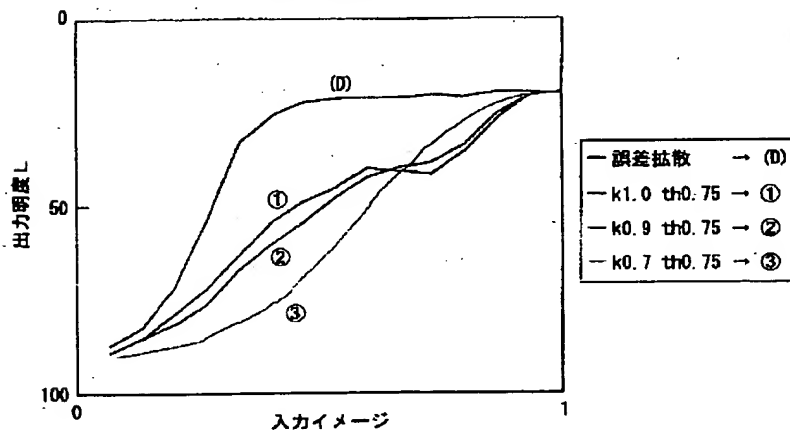


【図56】

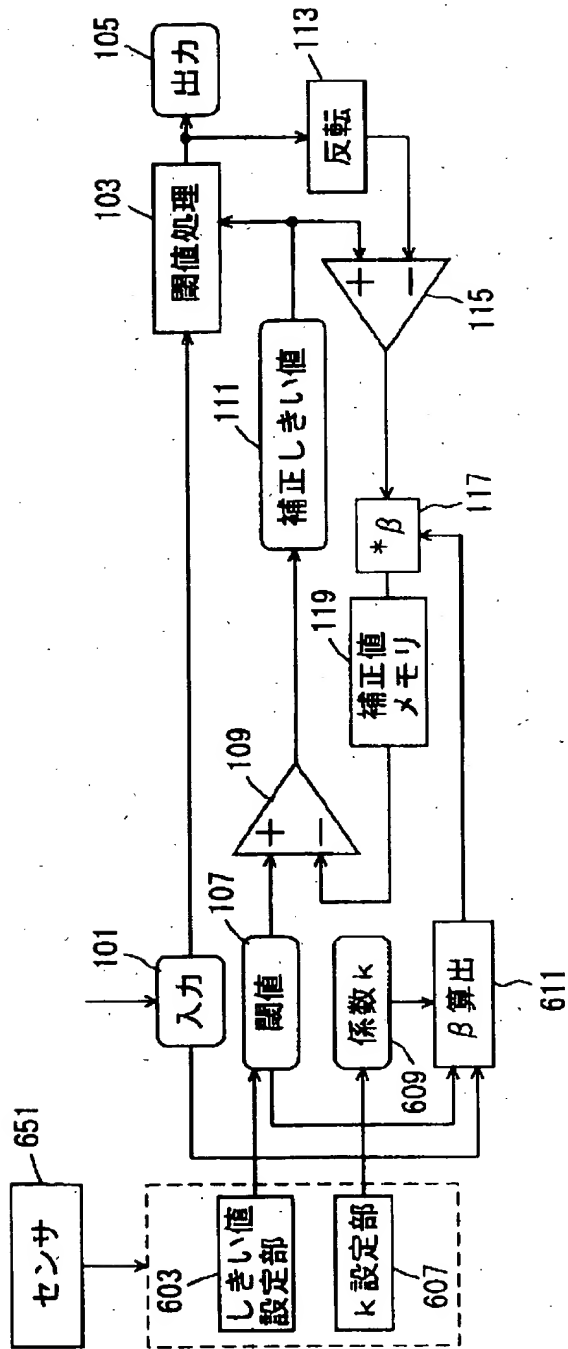


【図41】

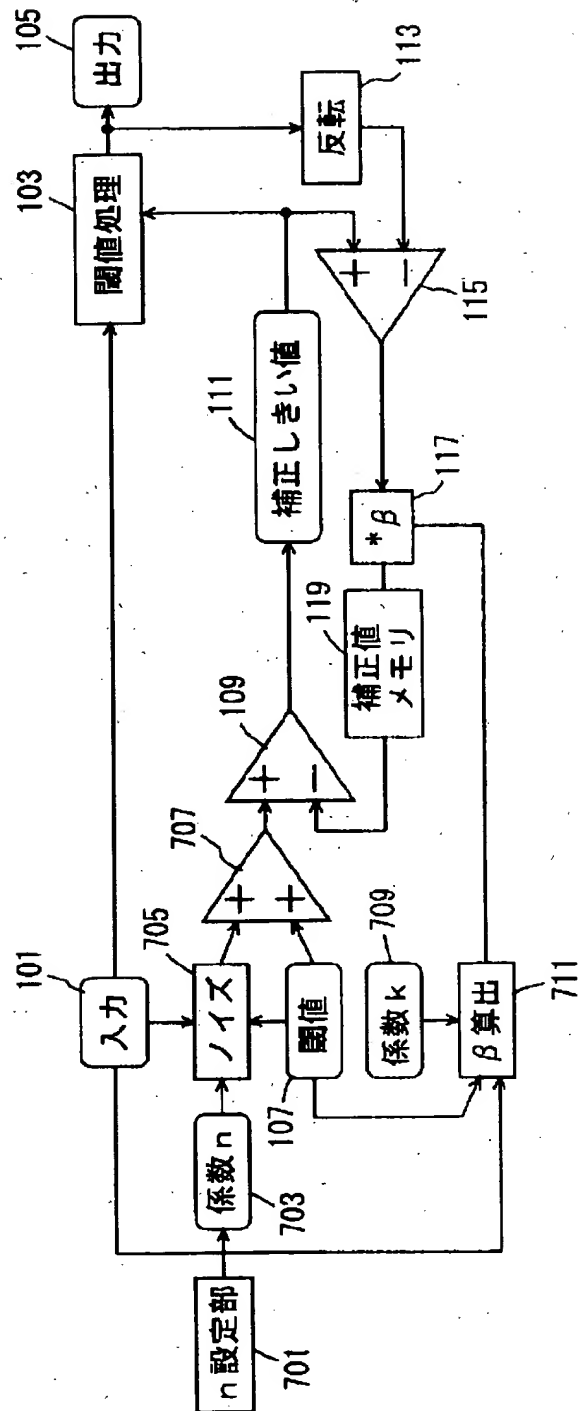
画像再現特性2



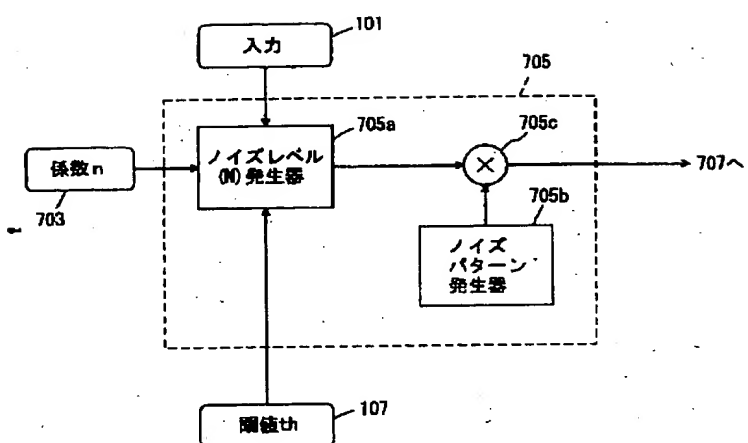
【図42】



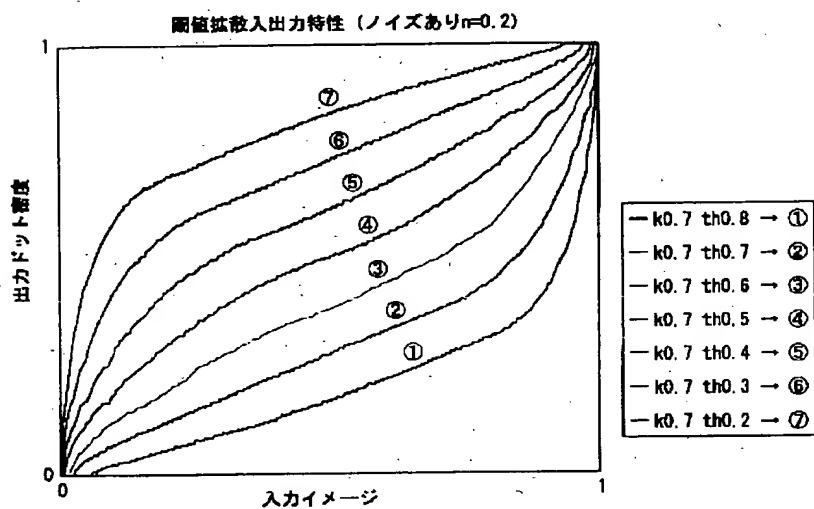
【図43】



【図44】



【図52】



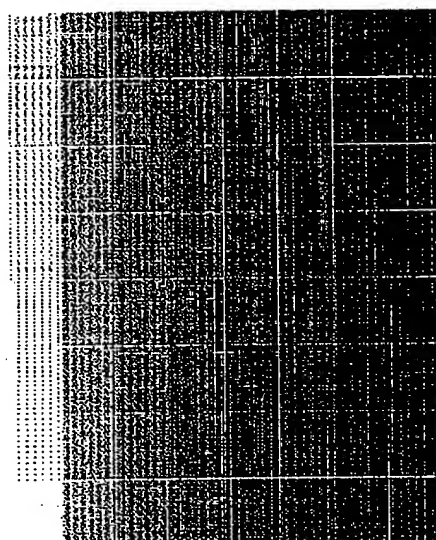
【図59】



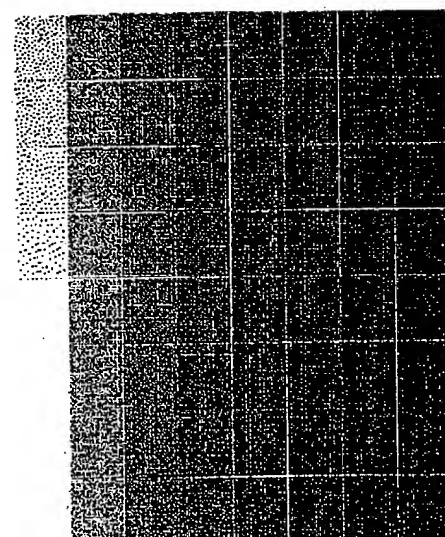
【図60】



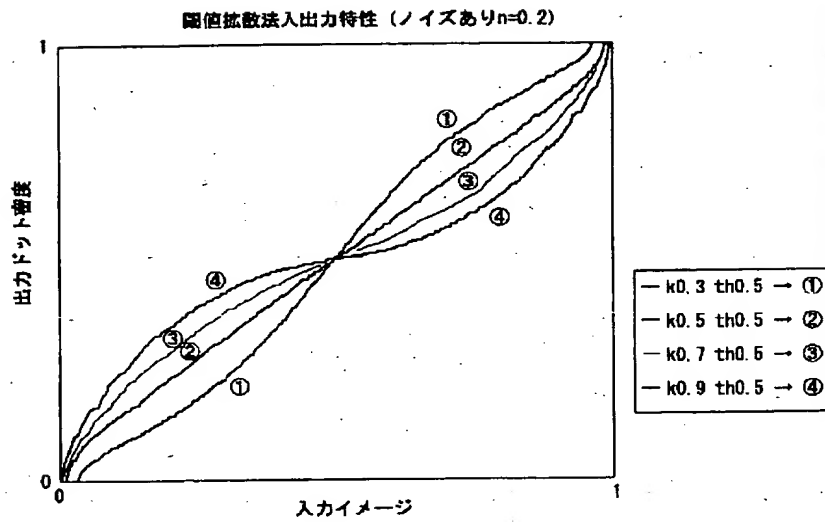
【図57】



【図58】



【図53】



【図61】



【図62】



【図63】



